Revue générale des Sciences
pures et appliquées
et Bulletin de la Société Philomatique
T. LIX N°s 7-8 1952

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Les nouveaux aspects du rationalisme

S'il s'écarte des objectifs ordinaires de cette Revue, le thème du *rationalisme* prime entre les questions préoccupant nombre de ses lecteurs. Il n'est donc pas inutile de les solliciter à cette fin vers quelques textes récents.

« En suivant avec attention, c'est-à-dire avec un intérêt passionné, l'activité de la Physique contemporaine, on voit s'animer un dialogue philosophique qui a le mérite d'une exceptionnelle précision : le dialogue de l'expérimentateur pourvu d'instruments précis et du mathématicien qui ambitionne d'informer étroitement l'expérience. Tandis que, trop souvent, dans les polémiques philosophiques, le réaliste et le rationaliste n'arrivent pas à parler d'une *même chose*, on a la nette et réconfortante impression que, dans le dialogue scientifique, les deux interlocuteurs parlent du *même problème*. »

Déjà cette phrase fait poindre l'idée qu'il est bon de « s'installer dans cette position centrale où se manifestent aussi bien un *rationalisme appliqué* qu'un *matérialisme instruit* ». Cette idée prédomine dans un ouvrage de G. Bachelard, publié par les Presses Universitaires en 1949 (*Le rationalisme appliqué*, 215 p., prix : 360 fr.), ouvrage qui emprunte une large part de ses exemples à la mécanique, à l'électricité, à la piézo-électricité qui nous fournit la matière des précédentes citations.

« Comprendre est l'acte même du devenir de l'esprit. » G. Bachelard ne s'en est donc par tenu là. Il a voulu mieux souligner l'interdépendance étroite des théoriciens et des expérimentateurs, cela en interrogeant l'évolution de la physique contemporaine, en montrant, par exemple, comment, à chacun de ses succès, la science redresse la perspective de son histoire, en tirant aussi la

leçon des recherches qui furent nécessaires pour classer les diverses espèces de corpuscules, en analysant la notion de spin, en éclairant l'appui que ces spéculations ont tiré de l'algèbre des opérateurs.

Voilà les lignes marquantes d'un second livre, paru d'hier dans la même collection (*L'activité rationaliste de la Physique contemporaine*, 223 p., prix 500 fr.). On comprend pleinement, par ces deux exposés, combien il serait vain de vouloir proposer une formule lapidaire du rationalisme à la suite des cheminements difficiles auxquels la pensée scientifique moderne a dû se soumettre.

Cette impression sera confirmée par mainte lecture qu'on pourra faire, en consultant, par exemple, un grand nombre des études critiques publiées par la *Revue Philosophique* (Pr. Univ.), ou les *Etudes de philosophie des sciences*, en hommage à F. Gonseth, récemment produites par les Editions du Griffon (Neuchâtel ou Paris, Dunod).

G. BOULIGAND.

IIe Congrès International de Biochimie

Paris, 21-27 Juillet 1952

Le IIe Congrès International de Biochimie marquera comme une des manifestations scientifiques les plus importantes qui se soient jamais déroulées en notre Sorbonne. 2.400 adhérents, accompagnés pour la plupart de leur famille, ce qui représentait un total de 4.000 congressistes, venus de plus de 50 pays, entouraient les Maîtres les plus incontestés de la Biochimie moderne : titulaires de Prix Nobel, docteurs honoris causa de toutes les grandes Universités mondiales, savants éminents, qui avaient tenu à honorer de leur présence ces assises internationales.

La présidence d'honneur de ce Congrès était naturellement revenue au Maître de la Biochimie française, le professeur Gabriel Bertrand, Membre de l'Institut. Le doyen René Fabre en assurait la présidence, remarquablement secondé par les membres du Comité exécutif, présidé par le professeur Fromageot et surtout par le Secrétaire général, le professeur Jean Courtois, qui s'acquitta de la tâche énorme de l'organisation des séances et des festivités avec une intelligence et un dévouement dignes de tous les éloges.

M. le recteur Sarrailh avait bien voulu ouvrir les salons et les amphithéâtres de la Sorbonne au Congrès, et quand on songe que

14 réunions se tenaient simultanément tous les jours, on se doit de remercier le grand Maître de l'Université de Paris d'avoir permis de grouper dans les murs de la docte et accueillante Sorbonne, toutes les manifestations scientifiques réalisant la synthèse de la Biochimie moderne toute entière.

L'importance du Congrès n'avait pas échappé à M. le Président de la République qui avait bien voulu l'honorer de son haut patronage, et qui reçut avec son affabilité coutumière les plus hautes personnalités scientifiques dans les salons et les jardins de l'Elysée. Ce témoignage d'estime demeurera certainement dans la mémoire de tous les biochimistes qui ont hautement apprécié les paroles d'accueil que M. le Président AURIOL a prononcées à cette occasion.

La séance inaugurale eut lieu dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne, sous la présidence de M. André MARIE, ministre de l'Education Nationale, en présence de MM. LAURENS et RIBEYRE, ministres de l'Agriculture et de la Santé Publique, ainsi que de nombreuses personnalités du corps diplomatique, de l'Université et de l'Armée. Les congressistes étaient venus en foule, et, fait unique dans les annales des Congrès, le grand amphithéâtre fut trop petit pour les accueillir tous. Les acclamations des biochimistes furent particulièrement vibrantes et enthousiastes pour saluer les discours du président d'honneur et des présidents. Il était d'ailleurs remarquable de constater la jeunesse des congressistes, venus nombreux pour accompagner leurs Maîtres, pour s'instruire et pour connaître Paris, la France et leurs collègues français, qui leur ont réservé la plus amicale des hospitalités.

Dans l'après-midi, commencèrent les travaux du Congrès :

a) Rapports présentés dans 7 symposiums réservés aux sujets suivants : *La biochimie de l'hématopoïèse* (Y. RAOUL) ; *Le cycle tricarboxylique* (M. POLONOVSKI) ; *La biogenèse des protéines* (R. WURMSER) ; *Les hormones protéiques* (J. ROCHE) ; *Le métabolisme microbien* (E. AUBEL) ; *Le mode d'action des antibiotiques* (M. MACHEBŒUF), et *La biochimie des stéroïdes* (Ch. SANNIE).

b) Communications présentées dans 31 sections : *Eléments minéraux* (D. BERTRAND) ; *Lipides* (P. FAVARGER) ; *Acides aminés et Protéines* (Y. DERRIEN) ; *Nucléoprotéines* (Y. KHOUVINE) ; *Pigments* (E. LEDERER) ; *Vitamines liposolubles* (P. MEUNIER) ; *Vitamines hydrosolubles* (L. RANDOIN) ; *Effecteurs des enzymés et coenzymés* (Cl. FROMAGEOT) ; *Glucidases* (L. MASSART) ; *Estérases* (L. MASSART) ; *Phosphatases et dépolymérases* (J. E. COURTOIS) ; *Protéases* (P. DESNUELLE) ; *Oxydases et déshydrogénases* (P. BOULANGER) ; *Métabolisme des glucides* (C. de DUVE) ; *Métabolisme des acides aminés* (P. BOULANGER) ; *Métabolisme du soufre*

(Cl. Fromageot) ; *Fermentations* (E. Aubel) ; *Chimie végétale* (M. M. Janot) ; *Métabolisme végétal* (W. H. Schopfer) ; *Photosynthèse* (J. Lavollay) ; *Nutrition* (E. J. Bigwood) ; *Biochimie de l'ossification* (M. J. Dallemagne) ; *Chimie clinique* (P. Fleury) ; *Immunochimie* (P. Grabar) ; *Coagulation du sang* (F. Tayeau) ; *Biochimie du muscle* (G. Schapira) ; *Chimie physiologique et pharmacodynamie* (J. Cheymol) ; *Chimiothérapie* (R. Paul) ; *Actions biochimiques des ultra-sons* (R. Prudhome) ; *Chimie du cancer* (R. Truhaut) ; *Appareils et techniques* (P. Malangeau).

Toutes les séances furent suivies assidûment, et les amphithéâtres se révélèrent souvent trop petits, en raison de l'affluence des auditeurs.

Des conférences générales furent prononcées dans le grand amphithéâtre par des savants hautement qualifiés, sur les sujets suivants : *Nucléoprotéines et la croissance des tissus* (professeur Davidson, Grande-Bretagne). *Les changements de l'action enzymatique dans les cellules végétales sous l'influence des facteurs extérieurs* (professeur Oparine, U. R. S. S.). *Fixation de l'anhydride carbonique chez les animaux et les végétaux* (professeur Ochoa, U. S. A.). *Protéines et Enzymes* (professeur Linderström-Lang, Danemark).

Sur un autre plan, de nombreuses festivités ont permis à nos amis étrangers d'apprécier les mille beautés de Paris : réception à l'hôtel de ville et à l'hôtel Lauzun, visite aux Musées, au Muséum, au Zoo, promenades sur la Seine, excursions à Chantilly, au Château de l'Institut de France, à Compiègne et à Pierrefonds, soirée exceptionnellement brillante à l'Opéra, réservée aux seuls congressistes, etc..., etc...

Ainsi, les organisateurs ont réussi à assurer au II[e] Congrès international de Chimie biologique une tenue exceptionnelle, tout en créant un climat de parfaite confiance et d'affectueuse cordialité. Le souvenir de cette magnifique semaine scientifique internationale n'est certainement pas près de s'effacer de la mémoire des participants.

R. TRUHAUT.

Sur les jeux de combinaison et à propos d'un théorème d'Euwe

par W. RIVIER

Les jeux de combinaisons ont fait l'objet de diverses recherches mathématiques. Citons parmi ces recherches une étude de ZERMELO datant de 1912, une théorie que nous avons publiée en 1921, une étude de Dénès KOENIG parue, avec une note additionnelle de ZERMELO, en 1927, une étude du maître hollandais Dr M. EUWE parue en 1929, enfin un exposé simplifié de notre théorie de 1921, publié en 1935 à Bruxelles sous les auspices du Premier Congrès international de Récréations mathématiques. Nous commencerons par résumer les résultats auxquels nous étions parvenus en 1921. Ces résultats, présentés ici comme se rapportant strictement au jeu d'échecs, s'étendent sans aucune difficulté à une classe importante de jeux de combinaisons.

§ 1

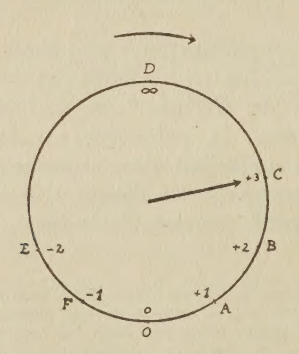
Les coefficients de positions au jeu d'échecs

Un mode de représentation graphique approprié permet d'attacher par un procédé très élémentaire à chaque position qui peut se présenter au jeu d'échecs * un coefficient positif, négatif, nul ou infini, possédant la propriété caractéristique suivante : La valeur absolue du coefficient attaché à une position est égale au nombre minimum de coups que les Blancs, si le coefficient est positif, les Noirs, s'il est négatif, peuvent s'astreindre à ne pas dépasser à

* Un ensemble de pièces disposées d'une façon compatible avec les règles du jeu sur l'échiquier ne suffit pas à définir ce que l'on nomme ici une position. Il faut encore que soit indiqué celui des deux adversaires qui possède le trait. La position dépend en outre, dans de nombreux cas, de certaines possibilités qui, dépendant elles-mêmes de la façon dont la configuration de pièces envisagée a été obtenue, ne se trouvent pas en quelque sorte inscrites dans cette configuration de pièces, mais dont les deux joueurs auront à tenir compte soit immédiatement, soit plus tard quand le développement ultérieur de la partie le permettra. Il importe ici d'être attentif au fait que la position dépend de ces divers facteurs. Ainsi, la disposition des pièces sur l'échiquier telle qu'elle se trouve réalisée avant le premier coup de la partie définit, s'il est entendu que le trait appartient aux Blancs, 16 positions différentes, et il en est de même de la plupart des autres dispositions de pièces dans lesquelles les Rois et les Tours se trouvent (ou se retrouvent) à leurs places initiales.

partir de cette position pour obtenir le gain, c'est-à-dire une position de *mat* (position à coefficient nul) **. L'ensemble des valeurs finies que le coefficient de position ainsi défini peut prendre quand on envisage la totalité des positions possibles au jeu d'échecs est formé de tous les nombres entiers qui se succèdent à partir d'un certain nombre entier négatif jusqu'à un certain nombre entier positif, tous deux inférieurs en valeur absolue au nombre total des positions distinctes possibles rencontrées par les Blancs à ce jeu.

Pour faire mieux ressortir la signification et le rôle des coefficients de position dans la partie d'échecs, nous allons nous servir d'une figure en supposant pour simplifier que les diverses valeurs que peut prendre le coefficient de position au jeu d'échecs sont au nombre de 7 seulement, à savoir les valeurs finies —2, —1, 0, +1, +2, +3 et la valeur ∞. Faisons correspondre, comme le montre la figure, à ces 7 coefficients respectivement les 7 points E, F, O, A, B, C et D d'un cadran muni d'une aiguille, les points O et D étant choisis diamétralement opposés. Supposons que l'aiguille indique à chaque instant de la partie la valeur du coefficient attaché à la position obtenue à cet instant. Etant donnée la façon d'opérer des deux adversaires au jeu d'échecs, on saisit que les Blancs et les Noirs agiront à tour de rôle sur l'aiguille. Voyons ce qui se passera quand les Blancs posséderont le trait. Ils ne pourront déplacer l'aiguille dans le sens indiqué par la flèche (le sens des aiguilles d'une montre) que si l'aiguille se trouve à droite du diamètre OD ; ils auront alors toujours au moins un coup à leur disposition pour la faire avancer



d'un cran dans cette direction, mais ils n'en auront aucun qui puisse la faire avancer dans cette direction de plus d'un cran à la fois. Quand l'aiguille se trouvera soit en D, soit en un point à gauche

** Voir addendum.

du diamètre OD, les Blancs auront toujours à leur disposition au moins un coup qui la maintiendra en place. Dans tout état de la partie, les coups des Blancs qui n'appartiendront pas à l'une ou à l'autre des deux catégories précédentes, ne réussiront qu'à maintenir l'aiguille en place ou la déplaceront dans le sens opposé à celui de la flèche d'un cran ou de plusieurs crans à la fois, sans jamais toutefois lui permettre de franchir le point F. Voilà ce qui se passera quand ce sont les Blancs qui possèdent le trait. Que se passera-t-il quand ce seront les Noirs ? Comme on peut s'y attendre, les coups des Noirs donneront lieu à des observations pareilles aux précédentes, à la seule différence près que les sens des déplacements de l'aiguille se trouveront renversés, ce qui était vrai à droite du diamètre OD le devenant alors à gauche de ce même diamètre et vice-versa. Le but que poursuit chacun des deux joueurs est d'amener l'aiguille en O. On voit par ce qui précède que les Blancs ne pourront y réussir qu'en l'amenant d'abord en A, les Noirs, qu'en l'amenant d'abord en F. Les coups justes (c'est-à-dire les coups les meilleurs possibles) seront donc soit ceux qui rapprocheront l'aiguille du point O, du côté de A s'il s'agit de coups joués par les Blancs, du côté de F s'il s'agit de coups joués par les Noirs, soit, à défaut de tels coups, ceux qui la maintiendront en place. Envisageons le cas particulier où l'aiguille est au point D. Si les deux joueurs ne procèdent plus alors que par coups justes, elle y demeurera indéfiniment. A vrai dire, il pourra arriver aussi qu'elle s'y trouve définitivement bloquée à partir d'un certain moment par défaut de coups possibles à la disposition du joueur qui possède le trait ; une telle circonstance se produira chaque fois qu'une position dite de *pat* se présentera dans une partie ; cette dernière se trouvera alors de ce fait interrompue sans qu'aucune décision ne soit intervenue en faveur de l'un ou de l'autre joueur. Mais les positions de cette nature sont rares au jeu d'échecs. On voit donc comment, dans certains cas, une partie d'échecs correctement jouée de part et d'autre devrait se prolonger indéfiniment si l'on ne convenait pas à l'avance d'une règle ayant pour effet de limiter les parties qui dépassent un certain nombre de coups.

§ 2

Les deux suites de MM. M. EUWE et A. ERRERA

Dans sa théorie mathématique des jeux de combinaisons, à propos des conditions à imposer à une partie d'échecs pour empêcher qu'elle ne se prolonge indéfiniment, M. M. Euwe a montré que le fait d'imposer à une suite formée à l'aide de deux éléments distincts A

et B la condition de ne présenter nulle part trois termes identiques consécutifs ou trois séquences identiques consécutives ne constituait pas un obstacle à sa prolongation indéfinie. M. Euwe est parvenu à ce résultat en considérant la suite infinie :

(1) ABBABAABBAABABBAB...

qui s'obtient en écrivant A, puis le contraire de A, c'est-à-dire B, puis le contraire de ce qui est déjà écrit, c'est-à-dire BA, puis le contraire de ce qui est déjà écrit, c'est-à-dire BAAB, et ainsi de suite indéfiniment. Comme M. Euwe l'a établi, cette suite ne contient en effet nulle part trois lettres, ou trois séquences de lettres, qui soient identiques et consécutives. Si l'on se borne, comme M. Euwe, au cas d'une suite formée à l'aide de deux éléments distincts seulement, on peut ne pas s'apercevoir qu'il existe des suites infinies, formées à l'aide d'un plus grand nombre d'éléments distincts, qui satisfont à la condition plus sévère de ne présenter jamais deux fois de suite un même élément ou une même succession d'éléments. Il est clair que de telles suites satisfont *a fortiori* à la condition envisagée par M. Euwe. Tel est, par exemple, le cas de la suite infinie, formée à l'aide des 4 lettres a, b, c et d, qui peut s'écrire :

(2) $abcdB_1C_1D_1B_2C_2D_2B_3\ldots$

les majuscules affectées d'indices désignant des suites partielles définies par récurrence comme suit :

$$A_1 = abcd \;;\; B_1 = acdb \;;\; C_1 = adbc \;;\; D_1 = adcb \;;$$
$$A_{k+1} = A_kB_kC_kD_k \;;\; B_{k+1} = A_kC_kD_kB_k \;;$$
$$C_{k+1} = A_kD_kB_kC_k \;;\; D_{k+1} = A_kD_kC_kB_k \;;$$
$$(k = 1, 2, 3, \ldots).$$

On peut en effet établir que, si cette suite présentait deux séquences identiques consécutives de n termes chacune (n est regardé ici par extension comme pouvant aussi prendre la valeur 1), n serait divisible par 4, et on en déduirait alors l'existence dans la suite (2) de deux séquences identiques consécutives, pouvant s'écrire à l'aide des seuls symboles A_1, B_1, C_1 et D_1 et se composant, sous cette forme, de $\frac{n}{4}$ termes chacune. On verrait alors de même que $\frac{n}{4}$ serait divisible par 4 et on en déduirait l'existence dans la suite (2) de deux séquences identiques consécutives, pouvant s'écrire à l'aide des seuls symboles A_2, B_2, C_2 et D_2 et se composant, sous cette forme, de $\frac{n}{16}$ termes chacune. On pourrait continuer de la sorte indéfiniment, ce qui entraînerait que n serait indéfiniment divisible par 4. Il est donc

impossible que la suite proposée contienne deux séquences identiques consécutives. Cette démonstration peut s'étendre au cas où, au lieu des 4 lettres a, b, c et d, on en considérerait un nombre m quelconque. On ne saurait toutefois abaisser à 3 le nombre m de cette manière, parce qu'on est conduit, en procédant de la sorte, à envisager m permutations de m—1 lettres b, c, ..., r et s (se terminant chacune par un arrangement de ces m—1 lettres prises deux à deux différent), ce qui n'est possible que si m est au moins égal à 4. Mais M. A. ERRERA, partant de la considération de la suite (1) de M. EUWE, nous a fait remarquer qu'il suffisait, partout où il se trouvait dans cette suite (1) deux termes identiques consécutifs, de substituer au second de ces deux termes la lettre c pour obtenir une suite infinie, formée à l'aide de trois éléments distincts seulement, qui satisfasse à la condition envisagée, c'est-à-dire donc qui ne contienne plus ni lettres, ni séquences de lettres, à la fois identiques et consécutives. Un tel résultat ne peut que diminuer sensiblement l'intérêt présenté par les suites précédemment considérées. En effet, si l'on se donne une suite infinie, formée à l'aide de m éléments distincts, qui satisfasse à la condition envisagée, on peut en tirer autant d'autres qu'on voudra, formées à l'aide d'un plus grand nombre d'éléments distincts, simplement en intercalant entre ses termes, partout où l'on voudra et autant de fois que l'on voudra, soit un même élément nouveau, soient différents éléments nouveaux, à la seule condition que ces éléments nouveaux ne forment pas eux-mêmes des groupes compacts présentant des séquences ou des termes identiques consécutifs.

Nous nous proposons ici de parvenir au même résultat que M. ERRERA par une voie détournée qui nous fournira du même coup une démonstration très simple de la proposition de M. EUWE concernant la suite (1).

Précisons d'abord que nous appellerons dorénavant *séquence* toute partie finie, pouvant éventuellement se réduire à un terme, d'une suite donnée. Dans ce qui suit, nous réserverons l'emploi de lettres grecques telles que α, β, $\varkappa$, μ et ν pour désigner des nombres entiers non-congruents à 0 (mod. 10), tandis que les lettres latines serviront à désigner des nombres entiers qui peuvent être envisagés comme quelconques, y compris zéro.

Ecrivons alors la suite naturelle des nombres entiers en partant de zéro. Ecrivons sous chacun de ces nombres le reste de la division par 10 de la somme de ses chiffres. Nous obtenons ainsi les deux suites infinies que nous désignerons respectivement par (S) et par (s) :

(S) 0 1 2 .... 9 10 11 .... 18 19 20 ....
(s) 0 1 2 .... 9 1 2 .... 9 0 2 ....

La suite (s) possède les propriétés simples que voici :

I. - Elle est formée de 10 éléments distincts, à savoir les dix chiffres se succédant dans leur ordre naturel (nous admettons que, dans cet ordre, le chiffre 9 est suivi du chiffre 0), à l'exception de certains sauts se produisant de la façon et aux endroits déterminés comme suit : chaque terme de (s) qui se trouve sous un terme de (S) de la forme $10^{\varkappa}\mu$ est précédé d'un saut ; dans ce saut le nombre des éléments sautés est égal au reste de la division de $\varkappa$ par 10 .Il n'y a pas d'autres sauts que ceux-là dans (s).

II. - Décomposons chacune des deux suites (S) et (s) en groupes de 10^k termes à partir du premier. Ne conservons dans chaque groupe que le premier de ses termes et divisons chaque terme conservé de (S) par 10^k. *Les deux nouvelles suites que l'on obtient ainsi reproduiront exactement les anciennes.*

III. - Soient dans (s) deux séquences identiques consécutives (sq_1) et (sq_2) de ν termes chacune.

a) Ni l'une, ni l'autre de ces deux séquences ne contiendra de sauts. (S'il en était autrement, comme à un saut de l'une ne peut que correspondre un saut dans l'autre, ν serait divisible par 10 en vertu de I, ce qui n'est pas.)

b) Le premier terme de (sq_2) sera précédé d'un saut. (S'il en était autrement, on aurait, en vertu de *a*), deux termes se correspondant dans (sq_1) et (sq_2) qui ne seraient séparés par aucun saut ; le fait que deux termes qui se correspondent dans (sq_1) et dans (sq_2) sont identiques, entraînerait alors la divisibilité de par 10.)

c) Le terme de (S) sous lequel est placé le premier terme de (sq_1) ne sera pas divisible par 10. (S'il en était autrement, le terme placé au-dessus du terme initial de (sq_2) étant aussi divisible par 10 en vertu de *a*) et de I, le nombre ν le serait également.)

En vertu de *b*) et de *c*), *nous pourrons donc désigner les deux termes placés au-dessus des termes initiaux de* (sq_1) *et* (sq_2) *respectivement par* α *et par* $10^{\varkappa}\beta$ *conformément à nos conventions.*

IV. - Considérons maintenant le cas général de deux séquences identiques consécutives dans (s) de 10^k termes chacune Appliquons à (S) et à (s) le procédé de réduction défini dans II. Dans les nouvelles suites (S) et (s) ainsi formées, les deux séquences proposées se réduiront à deux séquences identiques consécutives de ν termes chacune et nous pourrons, en vertu de III, désigner respectivement les deux nombres de (S) placés au-dessus de leurs termes initiaux par α et $10^{\varkappa}\beta$. En conséquence, les deux nombres de (S) sous lesquels se trouveront ces mêmes termes initiaux quand on les

envisage aux places qu'ils occupent dans la suite (s) primitive, seront respectivement égaux à $10^k \alpha$ et à $10^{\varkappa+k} \beta$. Les exposants de 10 dans ces deux expressions n'étant pas congruents (mod. 10), on voit qu'il se trouve dans les deux séquences proposées un couple de termes correspondants satisfaisant à la condition suivante : *ces deux termes ne sont pas tous deux à la fois non-précédés d'un saut, et, s'ils sont tous les deux précédés d'un saut, le nombre des éléments sautés n'est pas le même dans ces deux sauts.*

Théorème I. — *Si on substitue dans* (s) *à chaque terme qui est précédé d'un saut le symbole* Γ_ρ, *où* ρ *désigne le nombre des éléments sautés, la suite* (s) *ainsi transformée ne présentera plus aucun couple de séquences identiques consécutives.*

Démonstration. — Deux séquences consécutives qui seraient identiques dans (s) après la transformation envisagée, le seraient également avant cette transformation. Le seul cas où il pourrait en être autrement serait celui où les séquences ne contiendraient que des éléments Γ_ρ. Or ce cas ne peut pas se présenter pour la raison qu'il ne peut se produire deux sauts de suite dans (s) en vertu de I. Il suffit donc d'établir que la transformation envisagée détruit tous les couples de séquences identiques consécutives qui peuvent se présenter dans (s). Or cela résulte immédiatement de la propriété IV. Le théorème est ainsi démontré.

Théorème II. — *La suite* (s) *ne présente nulle part trois séquences identiques consécutives.*

Démonstration. — S'il y avait dans (s) trois séquences identiques consécutives de ν termes chacune, le terme initial de la deuxième se trouverait placé, en vertu de III, au-dessous d'un terme de (S) à la fois divisible et non-divisible par 10, ce qui est absurde. S'il y avait dans (s) trois séquences identiques consécutives de $10^k \nu$ termes chacune pour $k \neq 0$, on se trouverait ramené au cas précédent en opérant la réduction des suites (s) et (S) définie dans II. Trois séquences de cette seconde sorte ne peuvent donc pas exister non plus dans (s).

C.Q.F.D.

Tout ce qui précède trouve encore à s'appliquer quand on change de système de numération écrite. Si B désigne alors la nouvelle base adoptée pour ce système, la suite (s) se trouvera formée à l'aide de B éléments distincts. Par l'adjonction de B - 1 éléments nouveaux : Γ_1, Γ_2,..., Γ_{B-1}, on pourra transformer de la façon que nous avons vue la suite (s) en une suite ne présentant plus aucun couple de séquences identiques consécutives. Dans le cas particulier

où l'on prend B = 2, le théorème I se confond avec celui de M. Errera et le théorème II avec celui de M. Euwe. On se convaincra que la suite (s) s'identifie, dans ces nouvelles conditions, avec la suite (1) de M. Euwe en observant que, dans le système de numération binaire, les nombres entiers allant de 2^m à $2^{m+1} - 1$ s'écrivent en plaçant devant chacun de ceux qui vont de 0 à $2^m - 1$ le chiffre 1 suivi ou non d'un certain nombre de zéros (ce dernier variant de 1 à m - 1 suivant les nombres) ; il en résulte que la partie de (s) placée sous les nombres de la première sorte et celle placée sous les nombres de la seconde sorte seront complémentaires l'une de l'autre dans ce sens que deux éléments occupant un même rang dans ces deux parties de (s) seront toujours distincts, l'un égal à 0, l'autre à 1.

Notons encore que la suite de M. Errera peut s'obtenir simplement de la manière suivante : on écrit au-dessous des nombres 0, 1, 2,... de la suite naturelle des nombres entiers alternativement la lettre *a* et la lettre *b* en laissant vides (c'est-à-dire en sautant) les places au-dessous des nombres qui sont de la forme $2^{\varkappa}\mu$, les lettres $\varkappa$ et μ désignant des nombres entiers impairs, et l'on complète la suite ainsi obtenue en écrivant la lettre *c* sous les nombres qui sont de cette forme.

D'ailleurs, si l'on substitue des nombres aux lettres qui figurent dans cette suite, il devient possible de donner une expression relativement simple de son terme général. Pour le montrer, revenons au cas général où la base du système de numération adopté est désignée par B. Nous désignerons par (s') ce que devient la suite (s) après qu'on y ait introduit, de la façon qu'on a vue, les B - 1 symboles Γ_1, Γ_2, ..., Γ_{1B-}. Convenons de regarder ces B - 1 symboles comme respectivement représentatifs des B - 1 valeurs que prend l'expression B - 1 + ρ quand on y fait successivement ρ = 1, 2, ..., B - 1. On pourra considérer alors le terme général de (s') comme une fonction numérique y (x) du terme x qui lui correspond dans (S). Observons à ce propos que, dans le cas où l'on prend $B \leq 5$, chacune des B - 1 valeurs envisagées de l'expression B - 1 + ρ s'écrit dans le système de numération décimal avec un chiffre seulement. Rien ne nous empêchera de substituer respectivement les B - 1 chiffres ainsi obtenus aux B - 1 symboles en question. C'est ainsi que, dans le cas où l'on prendra B = 5, il paraîtra naturel de remplacer dans (s') les symboles Γ_1, Γ_2, Γ_3 et Γ_4 respectivement par les chiffres 5, 6, 7 et 8. De même, si B = 2, il paraîtra naturel de remplacer par le chiffre 2 le seul symbole Γ_1 qui est alors à considérer. Que nous nous placions dans l'un de ces cas particuliers ou dans le cas général où B est supposé quelconque, nous désignerons par la notation $\bar{x}$, où x représente un nombre entier, le reste de la division par B de ce

nombre entier. De plus, nous désignerons respectivement par $\sigma(x)$ et $\lambda(x)$ la somme des chiffres avec lesquels s'écrit et le nombre de zéros par lequel se termine le nombre x écrit dans le système de numération envisagé. (Le cas où l'on a : $x = 0$ doit être assimilé à celui — le plus fréquent de tous si $B \neq 2$ — où x se termine par un autre chiffre que zéro, en d'autres termes, on posera : $\lambda\ (0) = 0$.) En tenant compte de ces diverses conventions et en se reportant à tout ce qui a été dit précédemment, on vérifiera sans peine que l'on a, quel que soit le terme de (S) désigné par x :

$$(3)\ y(x) = (\overline{\sigma(x)} - B + 1)\ \frac{(\overline{\lambda(x) + 1})\,(\overline{\lambda(x) + 2})\ldots(\overline{\lambda(x) + B - 1})}{(B-1)\,!} + \overline{\lambda(x)} + B - 1$$

Telle est l'expression du terme général de (s') en fonction du terme de (S) qui lui correspond. Dans le cas particulier où l'on prend : $B = 2$, la relation (3) se réduit à la suivante :

$$y\,(x) = (\overline{\sigma\,(x)} - 1)\,(\overline{\lambda\,(x) + 1}) + \overline{\lambda\,(x)} + 1$$

Nous avons ainsi l'expression du terme général de la suite (1) transformée de M. Errera quand on substitue dans cette suite respectivement aux lettres *a*, *b* et *c* les nombres 0, 1 et 2.

A titre d'application, faisons $x = B^k m$ dans (3). Il vient alors :

$$y\,(B^k m) = (\overline{\sigma\,(m)} - B + 1)\frac{(\overline{\lambda\,(m) + k + 1})\ldots(\overline{\lambda\,(m) + k + B - 1})}{(B-1)\,!} + \overline{\lambda\,(m) + k} + B - 1$$

Si l'on fait k égal à un multiple de B dans cette dernière relation, on obtient, comme on voit, l'identité :

$$y\,(B^k m) \equiv y\,(m)$$

Cette identité montre que, si l'on ne conserve dans (s') que les termes placés au-dessous des termes de (S) divisibles par B^B, ou, plus généralement, que les termes situés au-dessous des termes de (S) divisibles par une puissance donnée de B^B, on retrouve la suite (s'). On voit ainsi comment la propriété II que possède la suite (s) doit être particularisée, si l'on veut que cette propriété s'étende à la suite (s').

§ 3

Remarques critiques

On voit par les analyses précédentes qu'on n'est pas certain d'empêcher une partie d'échecs de se prolonger indéfiniment en convenant de l'interrompre quand il s'y présentera deux fois *de suite* une même suite de positions. (Telle est la conséquence tirée du fait qu'il existe des suites infinies, formées à l'aide d'un nombre fini d'éléments distincts, où ne se rencontrent jamais deux fois de suite un même élément ou une même succession d'éléments.) En revanche, le résultat désiré sera sûrement obtenu si l'on remplace la convention précédente par la suivante : une partie d'échecs sera interrompue immédiatement après l'apparition de la première séquence de n positions que l'on verra s'y présenter pour la k^e fois, k *et* n désignant des nombres entiers fixés à l'avance. Cela tient au fait qu'il existe des séquences identiques de n termes pour toutes les valeurs de l'entier n dans toute suite infinie formée à l'aide d'un nombre fini d'éléments distincts. (Bien plus : considérons l'ensemble de toutes les séquences possibles de n termes — en nombre fini — qui sont formées avec les éléments distincts appartenant à une suite de l'espèce envisagée ; il est impossible qu'une partie de ces séquences au moins, sinon toutes, ne se présentent pas un nombre infini de fois dans une telle suite.)

Tous nos résultats concernant le jeu des échecs sont basés sur le fait que le nombre des positions distinctes qui peuvent se rencontrer à ce jeu est fini. Une telle circonstance permet, en effet, d'utiliser dans ce genre de questions le principe de Lejeune-Dirichlet qui s'énonce comme suit sous sa forme la plus simple : *si l'on nomme* n + 1 *fois un objet choisi chaque fois au hasard dans une même collection de* n *objets, un au moins des objets de la collection se trouvera nommé deux fois ou plus.* (Dans notre étude de 1921, nous nous sommes servis de ce principe sous sa forme généralisée, à savoir : si l'on nomme $kn + 1$ fois un objet choisi chaque fois au hasard dans une collection de n *objets,* un au moins des objets de la collection se trouvera nommé $k + 1$ fois ou plus.)

Dénès Koenig ne s'en est pas tenu comme nous au jeu d'échecs et aux autres jeux de combinaisons de la même nature, mais il a étendu son investigation au cas de jeux de combinaisons moins simples, comportant un nombre infini de positions possibles. Il a donné comme exemple d'un tel jeu la partie d'échecs qui se jouerait sur un échiquier possédant un nombre infini de cases avec le nombre

de pièces habituel, la marche de ces dernières étant soumise à certaines règles restrictives en vue de limiter le nombre des positions qui peuvent être obtenues en un coup à partir d'une position donnée quelconque. On peut encore, étant donnée une position quelconque à ce jeu d'échecs généralisé, reconnaître si l'un ou l'autre des deux adversaires est à même ou non d'atteindre, à partir de cette position et quel que soit le mode de défense adopté par l'autre joueur, une position de mat sans dépasser un nombre n de coups donné à l'avance. Il est donc encore possible ici d'opérer à partir d'une position donnée quelconque des sondages successifs correspondant à des valeurs croissantes de n en vue de reconnaître si le gain peut être forcé ou non en un nombre fini de coups à partir de cette position. Mais, tandis qu'on dispose au jeu d'échecs ordinaire d'une limite supérieure N de n au-delà de laquelle on est assuré que de tels sondages deviennent inutiles pour la raison que, si le gain n'a pas pu être forcé en un nombre de coups inférieur ou égal à N, il ne pourra pas l'être non plus en un nombre plus grand de coups, une telle limite supérieure N de n n'existe plus pour ce jeu d'échecs d'une nouvelle sorte. Il en résulte trois possibilités pour chaque position rencontrée à ce jeu :

1° On aura réussi à démontrer que *le gain peut être forcé en un nombre fini de coups à partir de la position envisagée.*

2° On aura réussi à démontrer que *le gain ne peut pas être forcé à partir de cette position en un nombre fini de coups.*

3° On n'aura réussi à démontrer ni l'une ni l'autre des deux propositions soulignées ci-dessus.

M. Euwe voit dans la troisième possibilité un cas de tiers non exclu. Pour qu'une telle opinion soit fondée, il faudrait pour le moins, nous semble-t-il, que cette troisième possibilité se formulât comme suit :

Il n'est ni démontrable que le gain puisse être forcé en un nombre fini de coups à partir de la position envisagée, ni démontrable qu'il ne saurait l'être.

Une troisième certitude possible viendrait ainsi s'opposer aux deux premières qui s'excluent l'une l'autre sans qu'on puisse dire que, si l'une est exclue, ce soit nécessairement par l'autre qu'elle le soit. Envisager la possibilité de cette troisième certitude, c'est envisager la possibilité d'une troisième démonstration, cette troisième démonstration ayant pour objet d'établir l'impossibilité des deux autres. On aurait tort de nier *a priori* que l'impossibilité de démontrer une proposition donnée puisse être établie autrement que par la mise en lumière soit de la fausseté, soit de la nature dérisoire, de cette

proposition. Néanmoins, tant qu'un exemple précis d'une démonstration de cette sorte n'a pas été fourni, peut-être fait-on bien de s'en tenir à l'énoncé 3° pour la troisième possibilité en question. Ne peut-on pas, alors mettre en cause l'insuffisance de nos procédés d'investigation sans mêler au débat la logique d'Aristote ? Il y a lieu de se le demander.

ADDENDUM

Désignons par N le nombre total des positions distinctes qui peuvent être rencontrées par les Blancs au cours de toutes les parties d'échecs possibles. Traçons dans le plan $4\,N + 1$ horizontales équidistantes. Des chemins partant d'un point de la plus élevée et se dirigeant vers le bas représenteront, soit en entier, soit jusqu'au 2 N^e coup des Noirs si elles se prolongent au-delà de ce nombre de coups, les parties jouées. Les points d'intersection de ces chemins (dont beaucoup auront des parties communes) avec les horizontales successives représenteront les positions obtenues aux différents moments des parties. On convient de regarder de tels points comme représentant une même position, quand ils seront placés exactement les uns au-dessous des autres (soit donc sur une même verticale) et sur des horizontales de rangs de même parité. En vertu de cette convention, les lignes partant de ces différents points et se dirigeant vers le bas seront (tout au moins dans leurs parties supérieures) identiques à des translations près. On affectera alors du coefficient 0 tous les points représentant des positions de mat. Puis on attribuera des coefficients, les uns positifs, les autres négatifs, à d'autres points représentatifs de positions d'après certaines règles qu'il est facile de déterminer, mais dont l'application exige que l'on parte de l'horizontale la plus basse du diagramme et que l'on remonte ensuite de proche en proche jusqu'à la plus élevée. On affectera enfin du coefficient ∞ ceux des points représentatifs de positions situés dans la moitié supérieure du diagramme qui ne se trouveront pas affectés de coefficients à la suite de ces opérations. On peut établir alors que, dans chaque file verticale de points représentatifs de positions, tous ceux qui se trouveront sur des horizontales de rangs de même parité et dans la moitié supérieure du diagramme seront affectés d'un seul et même coefficient, positif, négatif, nul ou infini. C'est ce coefficient qui, attaché à la position unique représentée par ces points, se trouve posséder la propriété caractéristique indiquée dans le texte.

Règles pour l'établissement des coefficients positifs et négatifs. — Considérons deux horizontales consécutives.

I. Supposons de rang pair à partir du haut la bande comprise entre ces deux horizontales.

1°) Un point de l'horizontale supérieure qui est relié à au moins un point à coefficient négatif ou nul sur l'horizontale inférieure sera affecté d'un coefficient négatif ; la valeur absolue de ce coefficient sera obtenue en ajoutant 1 à la valeur absolue minimum des coefficients des points à coefficients négatifs ou nuls auxquels ce point de l'horizontale supérieure est relié sur l'horizontale inférieure.

2°) Un point de l'horizontale supérieure qui n'est relié qu'à des points à coefficients positifs sur l'horizontale inférieure sera affecté d'un coefficient positif ; la valeur absolue de ce coefficient sera égale à la valeur absolue maximum des coefficients des points auxquels ce point de l'horizontale supérieure est relié sur l'horizontale inférieure.

II. Supposons de rang impair à partir du haut la bande comprise entre les deux horizontales.

Les règles pour l'établissement des coefficients positifs et négatifs sur l'horizontale supérieure s'obtiennent simplement en substituant dans les précédentes le mot *positif* au mot *négatif* et vice-versa.

Il y aura des points représentatifs de positions qui resteront sans coefficients après qu'on ait étendu les opérations définies par les règles précédentes à toutes les horizontales du diagramme. Nous appellerons *chemin à points sans coefficients* tout chemin qui ne passe que par des points de cette sorte (points que nous nommerons eux-mêmes provisoirement *points sans coefficients*) et qui descend jusqu'au bas du diagramme ou se termine auparavant en un point représentant une position de *pat*.

Assimilons toute position de pat à une position (fictive) remplissant les conditions suivantes : dans cette position, le joueur qui possède le trait ne dispose que d'un coup ; ce coup amène une seconde position (fictive également), où l'autre joueur à son tour ne dispose que d'un coup, et ce coup ramène la première position. (Les deux mêmes positions pourront servir pour toutes les positions de pat possibles, sans que rien ne soit changé à la nature du jeu.) Toute position de pat se trouve ainsi assimilée à une position à partir de laquelle les deux joueurs sont forcés de répéter indéfiniment les mêmes coups.

On voit que, grâce à cet artifice, les chemins à points sans coefficients descendront désormais tous jusqu'au bas du diagramme. Voici maintenant, comme il est facile de s'en assurer, une conséquence des règles données plus haut pour l'établissement des coefficients positifs et négatifs : de chaque point sans coefficient non situé sur la dernière horizontale du diagramme partira au moins un chemin à points sans coefficients. Soit alors M un point sans coefficient situé dans la moitié supérieure du diagramme. Désignons par (L_1) l'un quelconque des chemins à points sans coefficients issus de M. Du fait que M se trouve dans la moitié supérieure du diagramme résulte qu'il se présentera sur (L_1) au moins un couple de points représentant une même position. Soient, se suivant sur (L_1) dans l'ordre indiqué, P et P' les deux premiers points de cette sorte rencontrés sur (L_1). Substituons à la partie de (L_1) située au-delà de P' l'un quelconque des chemins à points sans coefficients issus de P. Désignons alors par (L_2) le chemin qui est formé du tronçon MP appartenant à (L_1) et de ce nouveau chemin issu de P. Le nouveau chemin issu de M ainsi défini offrant les mêmes caractères que l'ancien (L_1), il s'y présentera de même au moins un couple de points représentant une même position. Soient, se succédant sur (L_2) dans l'ordre indiqué, R et R' les deux premiers points de cette sorte rencontrés sur (L_2). R' viendra nécessairement après P sur (L_2), étant donné que le tronçon MP ne saurait présenter deux points représentatifs d'une même position (s'il en était autrement, P et P' ne seraient pas les deux premiers points représentatifs d'une même position rencontrés sur (L_1).) Substituons à la partie de (L_2) située au-delà de R' l'un quelconque des chemins à points sans coefficients issus de R. Désignons par (L_3) le chemin qui est formé du tronçon MR appartenant à L_2) et de ce nouveau chemin issu de R. Le nouveau chemin (L_3) ainsi défini étant encore un chemin à points sans coefficients issu de M, il s'y présentera de nouveau deux points S et S', S' venant après R, qui seront définis sur ce nouveau chemin comme R et R' l'ont été sur (L_2). Nous pourrons donc opérer sur (L_3) comme nous avons opéré sur (L_2). Rien ne nous empêchera de continuer de la sorte indéfiniment. La suite illimitée des substitutions que nous venons de définir aura pour effet de transformer le chemin (L_1) en un chemin discontinu MP' PR' RS'... partant de M et formé d'un nombre infini de parcours partiels MP', PR',... Ce chemin discontinu issu de M satisfera aux deux conditions suivantes : 1° il ne passera que par des points sans coefficients ; 2° il représentera une partie d'échecs, à nombre infini de coups, jouée à partir de la position représentée par le point M (cela résulte du fait que le dernier point de chaque parcours partiel représente la même position que le premier point du parcours partiel suivant). Cette partie d'échecs et toutes les autres de la même sorte jouées à partir de la position représentée par le point M (non seulement il s'en trouvera toujours au moins une, mais il y en aura en général une infinité, car il partira du point M en général une infinité de chemins de la sorte envisagée) sont, comme on voit, entièrement représentées sur le diagramme. Cherchons maintenant comment s'effectuera sur ce dernier le passage d'un point situé sur un chemin donné de cette sorte à un point non situé sur un chemin de cette sorte. On peut se dispenser d'envisager le cas particulier où le point d'où s'effectue ce passage est le dernier point d'un parcours partiel appartenant au chemin considéré, parce qu'il revient au même du point de vue de la partie d'échecs jouée que ce passage s'effectue d'un point de cette sorte ou du premier point du parcours partiel suivant. (Cela tient à ce que ces deux points représentent une même position de la partie.) Or, une fois ce cas particulier éliminé, il résulte de la façon dont ont été définis les chemins de la sorte envisagée que passer d'un point faisant partie du chemin en question à un point sans coefficient non situé sur ce chemin, c'est encore suivre un chemin de la sorte envisagée. Par conséquent, pour s'écarter d'un tel chemin sans en suivre un autre de la même sorte, force sera de passer d'un point sans coefficient à un point affecté d'un coefficient. Or il résulte des règles données pour l'établissement des coefficients positifs et négatifs qu'un tel passage ne saurait, en aucun cas, se produire à l'avantage du joueur qui l'opère. Il est ainsi démontré que, si loin que la partie se prolonge, à partir de la position représentée par le point M, le gain ne peut être forcé par aucun des deux joueurs. Nous sommes donc fondés d'attacher le coefficient ∞ à tout point tel que M,

resté sans coefficient dans la moitié supérieure du diagramme à la suite des opérations définies par les règles en question.

On peut obtenir ce résultat d'une autre manière. Appelons *position sans coefficient* toute position qui, dans les conditions où nous nous plaçon, n'a que des points représentatifs sans coefficients. Ou s'appuyera sur les trois propositions suivantes, faciles à établir : 1° Si, parmi les points qui représentent une même position, il s'en trouve au moins un qui soit affecté d'un coefficient, le gain peut être forcé à partir de cette position par l'un des joueurs en moins de N coups. 2° Cette propriété ne saurait appartenir à une position qui possède parmi ses points représentatifs au moins un point sans coefficient situé sur l'une des 2N + 1 premières horizontales, d'où résulte qu'une telle position ne peut être qu'une position sans coefficient. 3° Toute position possible possède au moins un point représentatif sur l'une des 2N premières horizontale. En s'appuyant sur 2° et 3°, on arrive en effet à la double conclusion suivante : dans chaque position sans coefficient, le joueur qui possède le trait dispose d'au moins un coup faisant passer la partie de cette position à une nouvelle position sans coefficent et tous les coups d'une autre sorte dont peut disposer ce joueur amènent des positions à partir desquelles l'adversaire peut forcer le gain. *La partie se prolongera donc indéfiniment si les deux joueurs ne procèdent que par coups justes à partir d'une position sans coefficient.*

W. RIVIER.

BIBLIOGRAPHIE

E. ZERMELO. — *Ueber eine Anwendung des Mengenlehre auf die Theorie des Schachspiels* (Proceedings of the fifth international Congress of Mathematics, Cambridge, 1912, pp. 501-504, vol. II).

W. RIVIER. — *Sur une importante classe de jeux de Combinaisons* (Archives des Sciences physiques et naturelles, nov.-déc. 1921).

Dénès KOENIG. — *Ueber eine Schlussweise aus dem Endlichen ins Unendliche* (Mitteilungen der Universität Szeged 1927, Tom. Fasc. II-III, pp. 125-128) mit einem Zusatz von E. Zermelo (I. c., pp. 129-130).

M. EUWE. — *Mengentheoretische Betrachtungen über das Schachspiel* (Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam, Proceedings. Vol. XXXXII, n° 5, 1929).

W. RIVIER. — *Une théorie Mathématique des jeux de combinaisons.* (Extrait des Comptes Rendus du Premier Congrès International de Récréation Mathématique, revue du Sphinx, 75, rue Philippe-Baucq, Bruxelles, 1935).

Une enquête alimentaire en 1831

La découverte de l'origine carencielle du goitre par Boussingault

par J. LAVOLLAY

Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers

J.-B. Boussingault qui devait plus tard s'illustrer comme l'un des fondateurs de la Chimie Agricole a conté (1) comment, jeune ingénieur en 1831, il avait été amené à s'occuper du goitre alors qu'il séjournait en Amérique du Sud. « Le ministre de la Guerre du gouvernement Colombien, après m'avoir exposé combien le goitre présentait d'inconvénients pour le service, m'engagea à en rechercher l'origine ; je pris la liberté de faire remarquer que cette investigation était réellement en dehors de ma compétence, et qu'il y avait dans l'armée des médecins capables de s'y livrer avec succès. Pour toute réponse, le général Urdaneta me fit savoir que les travaux sur la topographie que j'exécutais alors... seraient suspendus ; que je devais faire une tournée de 200 à 300 lieues dans les Cordillères, séjourner dans les pays goitreux et que, ma mission terminée, j'aurais à lui remettre un Rapport ».

Nous ne connaissons le rapport que par un extrait publié de nombreuses années plus tard par son auteur. Il s'agit d'un travail remarquable par le caractère profondément scientifique de l'enquête menée sur place par le savant chimiste, par l'analyse serrée des causes présumées de l'affection, enfin et surtout par sa conclusion : Boussingault attribue catégoriquement la maladie à la privation de « composés iodurés » (2).

Mais laissons parler Boussingault : « Dans la Nueva Granada, à l'Equateur, on est frappé de la fréquence des affections goitreuses... c'est un sentiment pénible qu'on éprouve en voyant des populations exposées à contracter une infirmité dont la conséquence prochaine est, quoi qu'on en ait dit, le crétinisme ; aussi

---

(1) Agronomie, Chimie Agricole et Physiologie. Tome septième, p. 148 de la 2e édition, 1884.

(2) Si le rapport original de Boussingault pouvait être retrouvé dans les archives du Ministère de la Guerre de Colombie, l'Histoire des Sciences disposerait d'un document précieux. Ce document paraît être celui qui est désigné dans Agronomie, Chimie Agricole et Physiologie, loc. cit., dans les termes suivants : *Boussingault*, Rapport sur les salines des Cordillères, adressé, en 1831, au Ministère de la Guerre de la Nueva Granada.

est-on naturellement porté à rechercher les causes qui la produisent dans certaines localités, tandis que dans telle autre, placée, en apparence du moins, dans les mêmes conditions, elle est inconnue ».

La mission de Boussingault va, dès le début, prendre le caractère de ce qu'on appelle aujourd'hui une enquête alimentaire, et cette enquête le conduira à une notion qu'on dirait maintenant de carence minérale.

Dans la capitale du Soccoro où le goitre est très répandu, il rend visite « au gouverneur, un colonel, vétéran de l'armée de l'Indépendance, possesseur d'un énorme goitre ». « L'excellent homme, raconte Boussingault, m'accueillit avec bienveillance, se mit entièrement à ma disposition, puis il ajouta qu'il ne comprenait pas cependant l'intérêt que pouvait avoir le gouvernement à faire disparaître les goitreux, que le Soccoro en contenait en grand nombre, il le reconnaissait, mais que l'administration de cette province était facile, qu'il n'y avait pas de journaux de l'opposition, tandis qu'ailleurs, où il n'y avait ni goitreux ni crétins, de jour en jour les populations devenaient plus difficiles à gouverner ». « Je n'avais rien à répondre... » ajoute l'auteur, qui poursuit son enquête et va discuter différentes hypothèses.

Suivant un opinion émise à l'époque, le goitre pouvait être attribué à l'ivrognerie, à la malpropreté, à l'usage d'aliments grossiers ; l'opinion n'est pas valable puisque dans une région où l'infirmité est commune, on la rencontre chez les individus les plus sobres et dans les classes aisées.

On a admis comme cause principale, surtout en Europe, l'influence d'une atmosphère chaude et humide « comme dans quelques vallées étroites du Valais, des Vosges, des Pyrénées ». L'opinion ne résiste pas à la critique. Boussingault cite notamment Chita, province de Boyaca, dans la Cordillère orientale, à 2.800 m., où l'air est aussi sec qu'à Bogota et où les goitres sont forts communs.

L'usage des eaux provenant de la fonte des neiges a été indiqué comme pouvant entraîner le goitre. « Dans la Nouvelle Grenade, on voit en effet cette infirmité là où l'on boit des eaux venant des glaciers. Toutefois, dans bien des endroits où le goitre est endémique, les eaux viennent de montagnes n'atteignant pas à beaucoup près le niveau inférieur des neiges perpétuelles. »

La fraîcheur des sources, la présence de certains sels dissous dans leurs eaux sont aussi considérées comme occasionnant le goitre.

Boussingault se réfère à la diversité de constitution géologique des régions qu'il a visitées et où le goitre est également répandu, pour conclure que cette constitution « ne semble pas exercer d'influence sur son apparition ». On croyait communément à l'époque

que les altitudes élevées favorisent le développement du goitre. « Il est certain, dit Boussingault, que l'affection goitreuse ne se montre pas aux bords de la mer ; je ne l'ai pas observée sur les rivages de l'Atlantique ou du Pacifique ». On ne la rencontre à de faibles altitudes de 300 m. à 400 m. qu'à une grande distance des côtes ; or, « au-dessus de ces hauteurs, on en voit fréquemment, et l'on est ainsi conduit à se demander comment une diminution dans la pression atmosphérique peut en favoriser l'endémicité ».

Boussingault consulte la population : « les habitants des Cordillères attribuent la maladie aux propriétés des eaux » et « on affirme que si une personne atteinte du goitre va demeurer dans un endroit où l'affection n'existe pas, le climat de la résidence qu'on a choisie étant le même, ainsi que le régime, l'eau étant la seule chose nouvelle dont on fasse usage, la maladie disparaît... Toutefois ces assertions ne semblent pas suffisamment précises. »

Boussingault qui avait déjà rejeté l'hypothèse de la nature des eaux est ramené à cette cause ; le facteur hypothétique n'étant plus la présence de certains sels, mais l'absence d'une substance inconnue. « Les eaux, dit-il, dans les hautes montagnes, sont généralement d'une grande pureté, cependant si, comme il y a des raisons pour le supposer, elles contribuent à faire naître le goitre, il faut bien que leur constitution diffère de celles des plaines. L'eau, en effet, présentera une différence notable dans ses propriétés et peut être aussi dans ses effets, selon que, du sein de l'atmosphère où elle était primitivement en vapeur, elle sera tombée sur les cimes des Cordillères ou au niveau de la mer ».

En altitude, les eaux tiennent en solution des quantités d'air très inférieures à celles qui sont présentes dans les eaux des plaines. C'est à cette moindre proportion d'air, et par conséquent d'oxygène, qu'il pense comme facteur « pouvant contribuer » à l'endémicité du goitre.

Les volumes d'air et d'oxygène dissous dans un litre d'eau sont d'après l'auteur les suivants :

	Air	Oxygène
Garonne	23,6 cm3	7,9 cm3
Rhin	23,2	7,4
Rhône	26,9	8,4
Doubs	27,7	9,5

Il fait de nombreuses déterminations des gaz dissous dans les eaux des contrées où règne le goitre et trouve, à des altitudes comprises entre 3,8 et 4,6 cm3 par litre. Si les eaux des Cordillères sont de 12,7 et 15 cm3 par litre, et des volumes d'oxygène dissous compris entre 3,8 et 4.6 cm3 par litre. Si les eaux des Cordillères sont de

moitié moins riches en gaz et notamment en oxygène que les eaux des plaines, on ne peut cependant admettre que cette teneur inférieure en oxygène soit « la cause unique de l'endémicité du goitre ». En effet, l'affection « est inconnue dans bien des localités atteignant des hauteurs absolues tout aussi considérables ». L'auteur cite plusieurs régions dont l'altitude est comprise entre 1.800 et 3.200 m. où l' « on n'aperçoit pas de goitreux ». De nouveau la conclusion s'impose : « ...si une faible aération influe sur l'apparition du goitre, il est des cas où cette influence, si tant est qu'elle existe, doit être masquée par des circonstances que, jusqu'à présent, il n'a pas été possible d'apprécier ».

S'il n'y a pas de relation constante entre l'altitude du site et l'affection goitreuse, examinons avec Boussingault les régions plus basses. L'auteur, en effet, découvre un fait capital : « Dans les régions inférieures, les steppes, les vallées des grands fleuves, on n'observe des goitreux que bien loin des côtes ». A Honda, ville où sévit le goitre, « très éloignée du port de Carthagène, on cesse d'être soumis à l'influence maritime qui semble protéger contre l'affection goitreuse ». « A quoi tient cette influence préservatrice, reconnue en Europe comme en Amérique ? En effet, les habitants des Alpes, de même que les montagnards des Andes atteints du goitre, sont guéris après un séjour suffisamment prolongé à proximité de la mer. Est-ce à cause d'une modification apportée au régime alimentaire ? » L'auteur poursuit sa discussion sur le genre de vie des Indiens qui passaient à tort, dit-il, pour ne jamais contracter l'affection. Il revient donc à sa question et écrit... « le seul changement qu'il soit permis de signaler dans le régime alimentaire, d'ailleurs fort simple, des populations rapprochées ou éloignées de la mer, c'est que, à mesure qu'on s'élève dans les montagnes, l'on substitue du sel gemme au sel des marais salants »... « Le goitre apparaît aussitôt que l'on fait usage de sels en roche tirés des importants gisements de la Nouvelle Grenade, zone salifère commençant à Cipaquira, et s'étendant à l'Est jusqu'aux Llanos de San Martin. » « La distance et le mauvais état des chemins rendraient très onéreux le transport du sel de la côte », d'autre part, on ne voit pas « de raison apparente, sous le rapport de la qualité, pour ne pas préférer le sel gemme ».

Or, d'après les observations de Boussingault, dans les plaines et dans les montagnes..., « là où l'on consomme du sel des marais salants, il n'y a pas de goitreux ».

Il visite cependant un territoire peuplé de 500.000 habitants où le goitre est très rare et où l'*on ne consomme pas de sel marin :* ce sont les provinces d'Antioquia et du Cauca.

Pourtant il serait aisé, dit l'auteur, de multiplier les comparaisons entre les conditions de cette province et celles des régions où le goitre est endémique, elles sont souvent identiques. Faut-il donc rejeter la conclusion précédente ? Boussingault n'y songe pas, sa conviction est désormais trop profonde ; il s'inquiète plutôt de savoir quelle est l'origine du sel consommé par les habitants d'Antioquia.

« Si l'usage du sel des marais salants n'est pas répandu dans le Cauca et dans l'Antioquia, on n'y consomme pas davantage du sel gemme ». Ces produits ne pourraient y être transportés que très difficilement à dos d'hommes, « des cargueros, mettant douze jours et plus pour franchir le Quindiu ». Comme une population ne saurait cependant se passer de sel, Boussingault recherche l'origine de celui qui est consommé par les habitants d'Antioquia : il est fourni, découvre-t-il, par des eaux salées telles qu'en livrent certains puits. L'eau salée est évaporée dans des bassins en cuivre et le sel qu'on en retire mis à égoutter. A Guaca, où il a assisté à l'opération, il note qu' « il s'en écoulait un liquide d'une forte amertume et qu'on *recueillait comme un excellent spécifique antigoitreux*, sous le nom d'aceyte de sal (huile de sel). Boussingault fait une analyse détaillée de cette « huile » et y découvre de l'*iode* : 0,01 gr. d'iodure de magnésium pour 100 gr. ; le reste est constitué par du chlorure de sodium : 19,96 gr., du chlorure de magnésium : 1,94 gr., du chlorure d'ammonium : 0,08 gr., du bromure de magnésium : 0,36 gr., du sulfate de potassium : 7,53 gr., du sulfate de calcium : 0,30 gr., du sulfate de sodium : 0,03 gr., des traces de lithine.

« Patia, Pasta et un partie de l'Equateur consomment du sel de Mira », où se trouve un curieux gisement de sel iodifère ; ainsi et « de même que dans Antioquia, avec sa nourriture, un habitant prend chaque jour une dose d'iode ». « Le village de Simiatug (salines) est sur des roches d'où suinte de l'eau salée... par la dessiccation on obtient un sel blanc en cristaux déliés que l'on met dans de petits sacs de toile (*cabuyas*) pour l'exporter au loin sous le nom de *Sal de Tomavela, parce que c'est un sel ayant la propriété de faire disparaître le goitre* ».

La conclusion de Boussingault mérite d'être citée intégralement ; la voici : « L'ensemble de ces observations conduit à cette conclusion, aussi curieuse qu'inattendue, que dans la Nouvelle Grenade et l'Etat de l'Equateur, dans les plaines aussi bien que dans les régions montagneuses, par conséquent sous les climats les plus divers, sur les roches cristallines, le granite, le gneiss, la syénite, les trachytes, comme sur les dépôts sédimentaires, tels que le calcaire néocomien, le grès à gisements houillers, *l'homme est exposé à contracter le goitre aussitôt qu'il n'est plus sous l'influence mari-*

time, lorsque, en s'éloignant des côtes, il cesse de faire concourir à son alimentation le sel des marais salants, en lui substituant le sel gemme.

Antioquia, le Cauca, où plus de cinq cent mille habitants, tout en étant en dehors de l'influence maritime, échappent complètement à l'affection goitreuse ne sont pas une exception. Il est vrai que le sel des marais salants n'y est pas remplacé par le sel gemme ; *l'immunité dont jouissent ceux qui vivent dans ces provinces est due à cette circonstance singulière sur laquelle j'ai été assez heureux d'attirer l'attention des géologues : l'existence sur un territoire très étendu de salines produisant un sel plus riche en composés iodurés que celui de l'océan, et dont l'usage adopté par les Espagnols lors de la conquête n'a jamais été interrompu* ». Boussingault signale d'ailleurs que la population d'Antioquia est très robuste, ce qui montre qu'il n'y a aucun inconvénient à consommer régulièrement un sel ioduré.

Il s'étonne enfin, devant le nombre des goitreux, que le Gouvernement intéressé n'ait pas mis à la disposition de la population, comme il l'avait proposé, *du sel ioduré d'Antioquia dans les localités où le goitre est endémique ou dans celles où l'on redoute l'invasion de cette maladie.*



La mission de Boussingault avait donc été couronnée du plus brillant succès, au moins du point de vue de la connaissance. Son enquête, conduite avec la remarquable clairvoyance qui caractérise cet esprit doué des plus profondes qualités d'analyse, aboutissait à la notion d'une maladie déterminée par une carence alimentaire en iode. Mais cette notion était trop nouvelle et la découverte venait malheureusement trop tôt pour être généralement acceptée.

En 1891, — soixante ans plus tard — Bunge écrivait encore « l'iode et le brome sont contenus dans quantité de plantes marines et passent de là dans le corps d'animaux marins, *on ne leur connait aucun rôle dans l'activité vitale* ».

L'accumulation de l'iode dans la glande thyroïde n'était découverte qu'en 1895-1896 par Baumann. La thyroxine n'était isolée par Kendall qu'en 1914. Enfin, l'addition d'une petite quantité d'iodure au sel de consommation n'est devenue de pratique courante dans certains pays tels que la Suisse, la Nouvelle Zélande, les Etats-Unis d'Amérique qu'un siècle après les recommandations de Boussingault.

Une telle antériorité méritait sans doute d'être rappelée.

L. LAVOLLAY.

SUR LES MÉTHODES D'ÉTUDE
de la perméabilité cellulaire

par Guy DEYSSON

Docteur ès Sciences, Docteur en Pharmacie,
Chef de Travaux à la Faculté de Pharmacie de Paris

L'étude de la perméabilité cellulaire constitue un des chapitres fondamentaux de la biologie. Elle est nécessaire à la compréhension des fonctions de nutrition et d'excrétion. On a voulu également expliquer par des variations de perméabilité les états d'excitation et de narcose et, si l'on ne peut admettre actuellement en toute certitude ces théories, il n'est, en tout cas, pas douteux que ces états s'accompagnent de telles variations. Enfin, la science pharmacologique tout entière est dominée par le problème de la perméabilité, la rapidité de pénétration, l'absorption élective par certaines cellules constituant des facteur primordiaux de l'action des substances sur les organismes.

Or, si l'étude de la perméabilité cellulaire a fait l'objet de recherches nombreuses, on est frappé de constater, lorsque l'on examine la question d'une manière un peu approfondie, combien les imprécisions et même les contradictions sont fréquentes en cette matière. Cela tient, pour une part, à la valeur très inégale des nombreuses méthodes utilisées dans l'étude de ce phénomène ; c'est pourquoi il ne me paraît pas sans intérêt d'effectuer ici une rapide étude critique de ces méthodes.

Définition de la perméabilité.

Avant d'entreprendre cette étude, il convient de s'arrêter un instant à la définition du terme « perméabilité ». Remarquons tout d'abord qu'on ne peut parler que de perméabilité à telle ou telle substance en particulier et non de perméabilité en général, car les modes de pénétration dans la cellule varient selon les corps considérés et il est bien évident qu'une modification donnée de la couche cellulaire limitante retentira de façon différente sur la pénétration des diverses catégories de substances perméantes.

Il faut également distinguer la perméabilité de sortie ou « experméation », qui intervient dans les phénomènes d'excrétion, de la perméabilité d'entrée ou « in-perméation » ; enfin, certains corps

peuvent pénétrer dans la cellule et traverser seulement le cytoplasme pour en ressortir aussitôt et s'accumuler dans les vacuoles ; on donne à ce phénomène le nom de « dia-perméation ».

A un autre point de vue, il importe de bien distinguer la perméabilité de l'absorption. Les corps tendent à pénétrer dans la cellule, plus ou moins fortement, pour des causes diverses : simple diffusion ou absorption élective en raison de l'utilisation du corps ayant pénétré, de son blocage sous une forme variable ou de son transfert vers d'autres cellules. A cette tendance à la pénétration s'oppose généralement une résistance plus ou moins forte due à la composition particulière de la zone ectoplasmique, hydrophobe et fortement tensio-active : c'est cette résistance plus ou moins grande au passage des substances à travers la zone ectoplasmique qui constitue l'objet des études sur la perméabilité. C'est d'ailleurs cette résistance à la pénétration qui a frappé les premiers chercheurs qui se sont attachés à ce problème ; aussi ont-ils tout naturellement conclu que la cellule vivante est hémiperméable, c'est-à-dire qu'elle laisse passer les molécules d'eau, mais non celles des corps dissous. Très rapidement d'ailleurs, on dut convenir que cette conception n'était qu'un aspect beaucoup trop schématique de la réalité et que, si la pénétration de l'eau était beaucoup plus rapide, celle des substances dissoutes n'en était pas moins certaine, notion que, d'ailleurs, le simple bon sens suffisait à imposer *a priori*.

Les méthodes d'étude de la perméabilité.

Les nombreuses méthodes imaginées pour l'étude de la perméabilité peuvent être classées en deux catégories selon qu'elles sont directes ou indirectes.

Parmi les *méthodes indirectes*, les plus employés sont basées sur le phénomène de la plasmolyse. On sait que des cellules plongées dans un milieu de forte pression osmotique subissent une plasmolyse et que celle-ci régresse, en général, plus ou moins rapidement. Par analogie avec les phénomènes osmotiques, on attribue cette régression à la pénétration dans les cellules des substances en solution dans le milieu extérieur ; on voit qu'il semble possible de déduire de l'étude quantitative de ces phénomènes une mesure de la perméabilité des cellules à différentes substances.

C'est surtout sur des cellules végétales adultes, possédant une grande vacuole centrale, que ces études ont été faites et différentes techniques ont été mises au point dans ce but.

Lepeschkin (24), Troendle (33) établirent la méthode dite des « concentrations plasmolytiques-seuils », basée sur le raisonnement suivant : si on détermine la concentration qui provoque le

début de la plasmolyse pour deux substances auxquelles la cellule est imperméable, les deux solutions seront isotoniques. Si, au contraire, l'une des deux substances pénètre, sa concentration-seuil sera d'autant plus élevée par rapport à l'autre que la perméabilité du protoplasme à son égard sera plus grande.

Fitting (13) a critiqué cette méthode et préfère apprécier le seuil de la plasmolyse de la façon suivante : il opère sur un groupe de cellules et utilise des concentrations telles qu'un certain nombre seulement de cellules sont plasmolysées ; à des intervalles réguliers, on constate alors que le nombre de cellules plasmolysées diminue parallèlement à la pénétration de la substance plasmolysante dans la cellule.

La méthode d'Hoefler (18) permet d'opérer sur une cellule isolée : elle consiste à utiliser des solutions fortement hypertoniques et à déterminer le rapport de volume existant entre la partie rétractée du protoplasme et le contenu total de la cellule.

Overton (29) a adapté la méthode plasmométrique à l'étude des cellules animales en déterminant les modifications de poids ou de volume de cellules ou d'organes placés dans des solutions ayant la même pression osmotique. De la différence entre l'isotonie physique et l'isotonie physiologique, il a déduit l'existence de la perméabilité de la cellule à différentes substances : si l'addition de la substance à étudier à une solution isotonique de chlorure de sodium provoque la diminution du volume des hématies ou du poids d'un muscle de grenouille, par exemple, c'est que la substance ne pénètre pas ; mais si cette diminution ne se produit pas ou si, après s'être produite, elle est suivie d'un retour à la normale ou même d'une augmentation, on peut en déduire une mesure de la perméabilité à cette substance. Cette méthode est notamment très utilisée sur les hématies ; elle a l'avantage de permettre d'étudier l'action de substances à des concentrations très faibles.

Enfin, d'autres auteurs ont eu l'idée d'utiliser non plus la plasmolyse et la déplasmolyse, mais un phénomène voisin, la modification de la turgescence cellulaire : citons, par exemple, la mesure des modifications de l'incurvation de la tige de *Taraxacum* lorsqu'on la plonge dans des solutions hypertoniques (de Vries [36], Brooks [4]), l'étude du degré de courbure représentant le degré de gonflement de languettes découpées dans des feuilles d'*Allium Cepa* (Bouillenne [3]), les modifications de gonflement de la pointe radiculaire de *Vicia Faba* (Lundegardh [26]) placée en solution hypertonique ou en solution hypotonique.

Toutes ces méthodes, basées sur la plasmolyse ou la turgescence, ont l'avantage de pouvoir être utilisées sur un très grand

nombre de cellules et d'être susceptibles de répétition sur le même matériel. Cependant, il faut bien remarquer qu'elles sont basées sur un postulat : à savoir que la seule modification intervenant au cours de l'expérience consiste en une perméation de la substance considérée. Or la preuve n'en a généralement pas été apportée ; bien plus, il a été démontré que la cellule est capable d'augmenter sa pression osmotique par des phénomènes d'anatonose (Errera [12]) et que ces phénomènes peuvent se produire dans les conditions même qui se trouvent réalisées dans les expériences de plasmolyse (Iljin [20], Fitting et Schmetz [14]). Il est également bien établi qu'il peut se produire une diffusion, une « ex-perméation » de différentes substances, notamment sels minéraux et sucres, et certains auteurs pensent que la plasmolyse pourrait accentuer ces phénomènes (Iljin [21], Stewart [31]).

Au cours de recherches sur l'influence de certaines substances sur la perméabilité des cellules végétales (11), j'ai pu mettre en évidence des cas précis de modification du métabolisme cellulaire sous l'influence de la pénétration d'une substance. La pénétration du chloroforme, du ricinoléate de sodium, par exemple, dans des conditions parfaitement vitales, provoque la libération, dans les cellules des plantules de Pois, de substances possédant les caractéristiques d'extraction et de précipitation des alcaloïdes. Autre exemple : si l'on traite des plantules de Pois par la colchicine, on peut obtenir ensuite, après extraction convenable, une précipitation avec les réactifs généraux des alcaloïdes, mais si l'on étudie ce précipité au moyen de la micro-chromatographie de partage sur papier (*fig.* 1), on constate qu'il s'agit d'un mélange d'au moins quatre substances dont deux n'ont aucune parenté chimique avec la colchicine, mais proviennent d'une modification du métabolisme cellulaire.

Ces exemples montrent bien que, dans certains cas tout au moins, le seul fait qu'un corps pénètre dans la cellule suffit à provoquer dans celle-ci des modifications physiques ou chimiques qui constituent une cause d'erreur plus ou moins importante dans les études basées sur le phénomène de plasmolyse.

D'autres méthodes indirectes sont basées sur la détermination des variations du pH, du point de congélation, de la conductivité. Dans la méthode d'Osterhout, par exemple (27), on place le tissu étudié entre deux électrodes et on détermine périodiquement sa conductivité : on considère qu'une augmentation de la conductivité traduit une augmentation de la perméabilité des cellules aux substances mises en expérience, tandis qu'une diminution exprime une imperméabilisation de la couche cellulaire limitante.

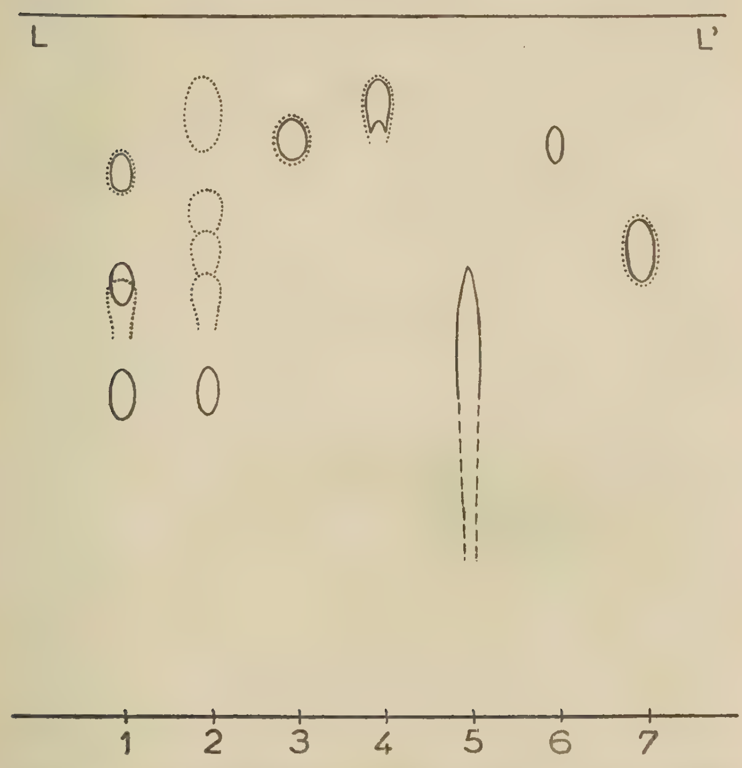


Figure 1. — Microchromatographie de partage sur papier au moyen d'un mélange de cyclohexanol (100 ml.) et d'acide acétique (30 ml.) saturés d'eau. — Méthode ascendante. — Le périmètre des spots révélés au réactif de Draggendorff est indiqué en trait plein ; celui des spots révélés par la fluorescence en lumière de Wood, en pointillé. — LL' = front d'ascension du liquide. — 1 = extrait de plantules de Pois traités par la colchicine, dans lequel on distingue quatre spots. — 2 = extrait de plantules de Pois traités par le chloroforme : on retrouve deux spots identiques à deux des spots précédents. — 3 = colchicine. — 4 = colchicéine. — 5 = triméthylcolchicinique. — 6 = hexahydrocolchicine. — 7 = désacétylcolchicine.

Il faut rapprocher également des précédentes les méthodes physiologiques. Loeb, par exemple (25), plaçant un certain nombre de *Fundulus heteroclitus* dans des solutions contenant du potassium, a cherché à suivre la pénétration du potassium en tenant compte du moment où se fait l'arrêt cardiaque. On peut ensuite faire subir des préparations différentes aux animaux puis, après les avoir plongés dans une solution de potassium de même concen-

tration que précédemment, mesurer le temps qui s'écoule jusqu'à l'arrêt du cœur ; ce temps sera évidemment inversement proportionnel à la perméabilité de la surface du corps des animaux. Gellhorn a effectué dans un esprit analogue des expériences basées sur la contracture de muscles (15). En effet, si l'on utilise comme dissolvant d'une substance contracturante des solutions incapables par elles-mêmes de modifier l'excitabilité du muscle et si l'on constate que ces solutions provoquent tantôt un renforcement, tantôt une diminution ou un empêchement de la contracture, on peut en conclure, dit Gellhorn, que ces résultats sont dus à des modifications de la perméabilité des couches cellulaires limitantes pour la substance contracturante. Cependant, il n'est pas toujours prouvé qu'il s'agit bien, dans ces expériences, d'une action sur la perméabilité, surtout quand l'action physiologique observée n'est pas très spécifique. Comme le souligne Danielli (8), des déterminations chimiques seraient nécessaires pour expliquer complètement les résultats obtenus par Loeb ; ainsi, quand cet auteur remarque que les sels de rubidium ou de césium ne facilitent pas la disparition de l'action toxique du potassium sur le cœur, contrairement aux sels de lithium et de sodium, et qu'il interprète ces faits en disant que les premiers sels empêchent l'élimination du potassium, on peut se demander, avec Danielli, si les faits observés ne proviennent pas d'une action toxique propre des sels de rubidium et de césium pour le cœur.

A côté de ces méthodes indirectes, on a utilisé aussi, dans les recherches sur la perméabilité, des *méthodes d'étude directes*, capables d'indiquer avec certitude s'il y a ou non pénétration de la substance à l'intérieur de la cellule. On a, par exemple, fréquemment suivi la pénétration des matières colorantes dans la cellule ou encore la pénétration d'une substance fluorescente en observant la préparation dans l'ultra-violet. Cependant, cette méthode, qui paraît pourtant d'une simplicité idéale, n'est pas exempte de certaines critiques : d'une part, les cellules se trouvent ici dans des conditions très différentes des conditions physiologiques ; d'autre part, si la pénétration d'un colorant et sa mise en évidence dans la cellule peuvent être considérés comme une preuve de la perméabilité de la membrane plasmatique pour ce colorant, un résultat négatif obtenu dans la même expérience ne peut être considéré comme une preuve de l'imperméabilité à cause des transformations que le colorant a pu subir ou, plus simplement, du fait que son accumulation n'est pas suffisante. On peut également provoquer, sous l'influence de la substance qui pénètre, le virage de pigments cellulaires ou de colorants préalablement introduits dans la cellule : cette méthode a été employée par de Vries (35), Harvey (17), Gompel (16), etc...

On peut utiliser la formation d'émulsions avec les graisses cellulaires : c'est ainsi que, dans les vacuoles d'une mousse, *Fontinalis antipyretica* (Boresch [2]), se trouvent des filament formés de graisse qui, sous l'influence de bases faibles ou d'alcools, se désagrègent en gouttelettes extrêmement fines. Enfin, on peut étudier la pénétration des alcaloïdes par la précipitation des tanins cellulaires (Overton [30], Troendle [34]) ou la pénétration du calcium par la formation de cristaux d'oxalate de calcium (Osterhout [26]). Toutes ces méthodes sont, le plus souvent, uniquement applicables aux cellules végétales ; elles présentent une grande sécurité et permettent d'apprécier la rapidité de pénétration d'une substance, mais, malheureusement, ne renseignent pas sur la quantité ayant pénétré en un temps donné.

Les méthodes basées sur des dosages chimiques n'ont été employées que dans un nombre de cas limité. La méthode de choix consiste évidemment à faire une analyse chimique quantitative du suc vacuolaire chez les cellules végétales, mais ceci n'est possible qu'avec un nombre d'objets très restreint, en pratique quelques algues : *Valonia* (Wodehouse [37], Osterhout [28]), *Nitella* (Osterhout [28], Brooks [5]), *Chara* (Collander et Baerlund [1, 6, 7]). Les recherches de Collander et de Baerlund sont ici particulièrement importantes en raison de leur ampleur ; ces auteurs ont étudié la perméation d'un grand nombre de substances, minérales et organiques. En ce qui concerne les substances organiques, il faut cependant remarquer que deux méthodes de dosage seulement ont été utilisées (dosage de l'azote par micro-kjeldahl et dosage du pouvoir réducteur par la technique de Bang) et qu'elles n'ont malheureusement rien de spécifique ; elles supposent notamment, d'une part, que toute la substance absorbée est bien passée dans le suc vacuolaire et, d'autre part, que cette substance n'a exercé sur le métabolisme aucune action de nature à modifier le taux de l'azote et le pouvoir réducteur du suc vacuolaire, ce qui n'est certainement pas le cas général.

Enfin, il est possible aussi d'extraire le suc des cellules par pression ou par épuisement à l'eau bouillante (Lapicque [22, 23]), Homès [19], Thren [32], mais il semble qu'on n'ait guère effectué par cette méthode que des déterminations cryoscopiques. Etudiant l'influence de diverses substances sur la perméabilité de plantules à l'antipyrine (11), j'ai procédé à l'extraction et au dosage de l'antipyrine en opérant sur des plantules de Pois lavées soigneusement à l'eau courante puis séparées des cotylédons, essorées entre deux feuilles de papier filtre et pesées. Cette méthode me paraît susceptible d'être utilisée avec profit dans de nombreuses circonstances. Elle présente, certes, l'inconvénient de ne pas distinguer

entre ce qui a réellement pénétré dans la cellule et ce qui peut avoir été retenu par adsorption, mais elle se prête très bien à l'étude des variations de la perméabilité. Elle paraît spécialement intéressante dans l'étude de la perméation de substances étrangères au métabolisme cellulaire normal et la seule condition à observer réside dans la nécessité de vérifier que la technique de dosage choisie présente une spécificité suffisante.

Une condition importante : le critère de « vitalité ».

Ainsi, nous venons de passer en revue les nombreuses méthodes utilisables dans les recherches sur la perméabilité cellulaire et d'indiquer les limites de validité de chacune. Mais, quelle que soit la méthode que l'on ait choisie, il est particulièrement important de savoir si les conditions dans lesquelles s'est déroulée l'expérimentation sont compatibles avec la vie cellulaire normale. Les critères de vitalité qui ont été le plus souvent utilisés consistent essentiellement, soit dans le fait qu'après l'expérience les tissus utilisés peuvent continuer à vivre et reprendre leur croissance, soit dans l'observation, au cours de l'expérience ou immédiatement après, que la cellule est encore irritable ou présente des mouvements de cyclose, ou enfin qu'une coloration vitale est encore possible. Autrement dit, il est seulement prouvé que les cellules n'ont pas été tuées par l'expérience, mais on ne sait rien de leur état au cours de l'expérience elle-même. Si l'on veut bien me permettre cette comparaison avec la pathologie humaine, je dirai qu'on ignore si les cellules n'ont pas été mises « dans le coma » alors que, par définition, les études physiologiques ont pour objet l'individu « en bonne santé ».

C'est dans le but de n'effectuer que des expériences réellement physiologiques, c'est-à-dire compatibles avec la « bonne santé » cellulaire, que j'ai cherché à déceler les variations de la perméation de certaines substances d'après l'intensité de l'action mitoclasique qu'elles exercent. J'ai parlé plus haut des méthodes physiologiques utilisées par des auteurs comme Loeb ou Gellhorn. De même, en utilisant une substance mitoclasique dans des conditions telles qu'elle n'exerce qu'une action de faible intensité, il devait être possible de déceler la moindre variation de la pénétration de cette substance par l'évaluation de l'intensité des troubles mitotiques qu'elle provoque.

Pour pouvoir établir une méthode de ce type, il fallait, d'une part, déterminer les conditions dans lesquelles devaient être effectuées les numérations de cinèses et le degré de précision des résultats obtenus, d'autre part disposer, pour chaque expérience, d'un lot suffisant de racines semblables du point de vue de l'activité mito-

tique (voir 9, 10). Pratiquement, j'ai opéré de la façon suivante (11) : la substance dont on étudie l'influence sur la perméabilité est mise en contact des racines soit avant, soit en même temps que la substance mitoclasique perméante. Supposons, par exemple, que nous étudiions l'influence du chloroforme sur la pénétration de la colchicine ; dans le premier cas, un fort bulbe d'*Allium Cepa* possédant des racines de 2 à 3 cm., est sectionné longitudinalement en deux : l'une des moitiés est placée sur liquide de Knop au demi, l'autre, sur le même milieu additionné de chloroforme à la concentration voulue ; après un temps convenable, chaque moitié de bulbe est à son tour sectionnée longitudinalement et, des deux lots de racines ainsi obtenus dans chaque cas, l'un est placé sur liquide de Knop au demi, l'autre sur le même milieu additionné de colchicine à 0,005 %. Si nous étudions maintenant l'action simultanée du chloroforme et de la colchicine, le bulbe est, au début de l'expérience, sectionné longitudinalement en quatre parties qui sont placées respectivement sur liquide de Knop au demi, sur milieu chloroformé, sur milieu colchiciné et sur milieu à la fois chloroformé et colchiciné. On prélève simultanément au moins trois racines dans chaque lot et on détermine, pour chaque méristème radiculaire, l'index mitotique et les proportions des différents stades de la mitose que l'on rapporte à 100 cinèses et à 1.000 cellules.

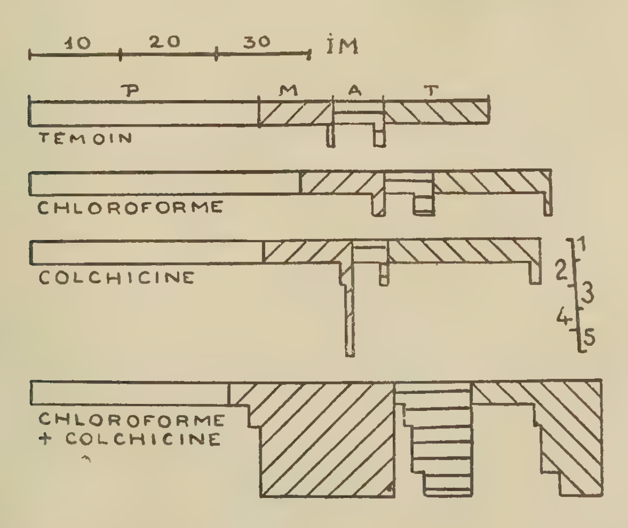


FIGURE 2. — Schémas d'activité mitotique. — La longueur de chaque bande est proportionnelle au nombre des cinèses (IM = échelle des index mitotiques. — P = prophases. — M. = métaphases. — A = anaphases. — T = télophases). L'épaisseur est proportionnelle à l'importance des troubles observés (1 = cinèses normales. — 2 = tropocinèses. — 3 = stathmodiérèses. — 4 = hémicinèses. — 5 = stathmocinèses).

A l'aide de cette technique, j'ai pu mettre en évidence dans certains cas une sensibilisation intense à l'action mitoclasique : alors que l'agent mitoclasique seul ne provoque encore aucun trouble mitotique, on obtient en présence d'un autre corps, inactif également lorsqu'il est seul, une action stathmocinétisante totale ou presque. J'en apporterai seulement ici deux exemples : dans le premier (*fig.* 2), les racines ont été traitées successivement par le chloroforme à 0,225 % pendant 1 heure, puis par la colchicine à 0,005 % pendant 24 heures ; dans le second (*fig.* 3), les racines

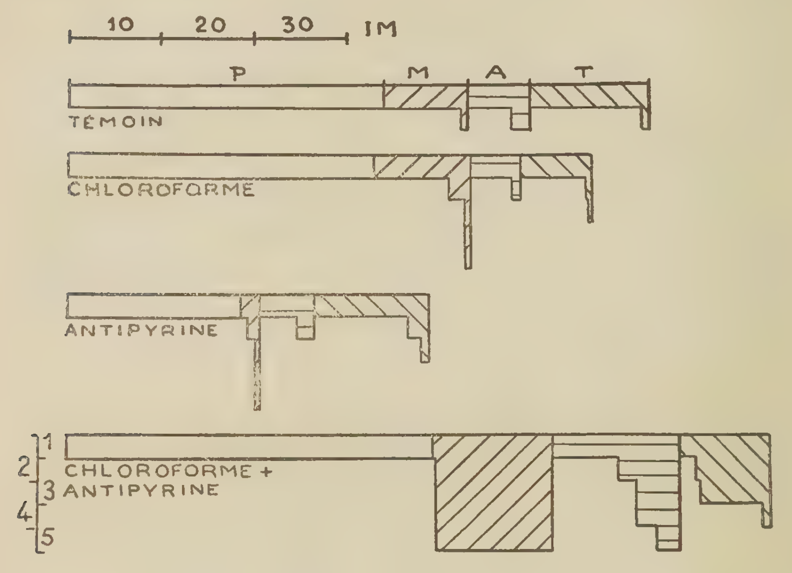


FIGURE 3. — Schémas d'activité mitotique. Cf. fig. 2.

ont été traitées simultanément par le chloroforme à 0,09 % et par l'antipyrine à 1 % pendant 2 heures 30. Dans les deux cas, l'action mitoclasique exercée correspond à une concentration en colchicine ou en antipyrine plus de deux fois supérieure à celle qui a été utilisée.

Les corps capables d'agir sur la division cellulaire étant nombreux, cette technique doit être susceptible d'utilisation dans des cas très variés. Elle présente évidemment l'inconvénient d'être indirecte, d'où l'utilité de contrôler, comme je l'ai fait, les résultats obtenus dans chaque cas au moyen de méthodes directes. Elle tire cependant son intérêt du fait qu'elle apporte un élément nouveau dans la connaissance des modifications vitales de la perméabilité cellulaire. Dans cette méthode, en effet, la pénétration des substances

n'est décelable que tant que les cellules continuent à se diviser. Or, les premiers signes d'intoxication comportent justement la cessation de l'activité mitotique ; nous avons donc la certitude de n'étudier ainsi que les modifications vitales de la perméabilité à l'exclusion des autres, qu'elles soient réversibles ou non.

Conclusion

La conclusion qui se dégage de cette étude, c'est qu'aucune des nombreuses méthodes utilisables dans les recherches sur la perméabilité cellulaire n'est à l'abri de critiques. Les meilleures sont évidemment, lorsque leur emploi est possible, les méthodes directes. Il faut être très prudent dans l'interprétation des résultats fournis par les méthodes indirectes ou par les méthodes qui n'utilisent pas un test suffisamment spécifique. On ne devra pas oublier non plus que la simple pénétration d'une substance peut entraîner des modifications plus ou moins profondes de l'équilibre cellulaire, sur lesquelles on est généralement mal renseigné, et qui ne peuvent souvent pas être dissociés, pour l'étude, du phénomène de perméabilité en lui-même.

Il paraît donc, dans tous les cas, nécessaire de recourir à l'emploi de méthodes « convergentes », c'est-à-dire d'étudier les mêmes phénomènes à l'aide de plusieurs méthodes dont au moins une méthode directe. Enfin, il est nécessaire de tenir compte de l'état physiologique des cellules au cours des expériences et la technique cytophysiologique, telle que je l'ai décrite, utilisant comme test l'action exercée sur les mitoses, paraît capable d'apporter dans de nombreux cas, à cet égard, des renseignements nouveaux.

Guy DEYSSON.

BIBLIOGRAPHIE

1. Baerlund (H.). — Einfluss des Aethyläthers auf die Permeabilität der Chara-Zellen. — *Protoplasma*, 1938, **30**, 70.
2. Boresch (K.). — Ueber den Eintritt und die emulgierende Wirkung verschiedener Stoffe in Blattzellen von Fontinalis antipyretica. — *Bioch. Zeitschr.*, 1919, **101**, 110.
3. Bouillenne (R.). — Contribution à l'étude des phénomènes d'osmose dans les cellules végétales. Un appareil nouveau pour la mesure des vitesses de pénétration des solutions salines dans le protoplasme végétal. — *Bull. Ac. Roy. Belg. Cl. Sc.*, 1930, **16**, 1017.
4. Brooks (M.). — A study of permeability by the method of tissues tension. — *Amer. Journ. Bot.*, 1916, **3**, 562.
5. Brooks (M.). — The penetration of kations into living cells. — *Journ. of gen. Physiol.*, 1922, **4**, 347.
6. Collander (R.). — Permeabilitätstudien an Chara ceratophylla. — I. Die normale Zusammensetzung des Zellsaftes. — *Acta bot. fenn.*, 1930, **6**, 1.
7. Collander (R.) et Baerlund (H.). — Permeabilitätstudien an Chara ceratophylla. — II. Die Permeabilität für nichtelektrolyte. — *Acta bot. fenn.*, 1933, **11**, 1.

8. Davson (H.) et Danielli (J. F.). — Permeability of natural membranes. — 1 vol., *Cambridge University Press*, 1943.
9. Deysson (G.). — Contribution à l'étude du « syndrome mitoclasique ». — *Thèse Doct. Pharm. Etat, Paris*, 1948.
10. Deysson (G.). — Etude pharmacodynamique de la division cellulaire. — *Rev. gén. Sci. pures et appl.*, 1949, **56**, 152.
11. Deysson (G.). — Recherches sur la perméabilité des cellules végétales. — Contribution à l'étude de l'influence exercée par diverses substances agissant sur l'état des lipides. — *Thèse Doct. Sci. nat., Paris*, 1951.
12. Errera (L.). — Cours de physiologie moléculaire. — 1 vol., *Lamertin, éd., Bruxelles*, 1907.
13. Fitting (H.). — Untersuchungen über isotonische Koeffizienten und ihre Nutzungen für Permeabilitätsbestimmungen. — *Jahrb. Bot.*, 1917, **57**, 553.
14. Fitting (H.) et Schmetz (L.). — *Dtsch. Forsch. H.*, 1934, **23**, 247. Cité d'après Gellhorn et Régnier (15).
15. Gellhorn (E.). — *Pflügers Arch.*, 1928, **219**, 761. — Gellhorn (E.) et Régnier (J.). — La perméabilité en physiologie et en pathologie générale. 1 vol., *Masson, éd., Paris*, 1936.
16. Gompel (M.). — Sur la pénétrabilité des acides dans les cellules de Ulva lactuca. — *Ann. de Physiol.*, 1925, **1**, 166.
17. Harvey (E.). — Studies on the permeability of cells. — *Journ. of exper. Zool.*, 1911, **10**, 507.
18. Hoefler (K.). — Permeabilitätsbestimmung nach der plasmometrischen Methode. — *Ber. deutsch. bot. Ges.*, 1918, **36**, 414.
19. Homès (M.). — A propos de deux méthodes d'étude de la perméabilité cellulaire chez les végétaux. — *Bull. Ac. Roy. Belg., Cl. Sc.*, 1932, **18**, 557.
20. Iljin (W. S.). — The influence of salts on the alternation of concentration of cell sap in plants. — *Stud. Plant physiol., labor. Charles Univ. Prague*, 1924, **2**, 5.
21. Iljin (W. S.). — Die Durchlässigkeit des Protoplasmas, ihre quantitative Bestimmung und ihre Beeinflussung durch Salze und [H]. — *Protoplasma*, 1928, **3**, 558.
22. Lapicque (L.). — Sur la pression osmotique des Algues marines. — *C. R. Soc. de Biol.*, 1921, **85**, 207.
23. Lapicque (L.) et Chaussin (J.). — Sur les méthodes de mesure de la concentration moléculaire globale dans les tissus végétaux. — *C. R. Soc. de Biol.*, 1924, **91**, 463.
24. Lepeschkin (W.). — Ueber die Permeabilitätsbestimmung der Plasmamembran für gelöste Stoffe. — *Ber. deutsch. bot. Ges.*, 1909, **27**, 129.
25. Loeb (J.). — The mechanism of the diffusion of electrolytes through the membranes of living cells. — *J. biol. Chem.*, 1916, **27**, 339, 353 et 363.
26. Osterhout (W.). — The permeability of living cells to salts into living protoplasm. — *Zeitschr. physik. Chem.*, 1909, **70**, 408.
27. Osterhout (W.). — Injury, recovery and death in relation to conductivity and permeability. — 1 vol., *Philadelphie*, 1922.
28. Osterhout (W.). — Direct and indirect determinations of permeability. — *Journ. gen. Physiol.*, 1922, **4**, 275.
29. Overton (E.). — Beiträge zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysiologie. — *Pflügers Arch.*, 1902, **92**, 115.
30. Overton (E.). — Ueber die osmotischen Eigenschaften der Zelle in ihrer Bedeutung für die Toxikologie und Pharmakologie. — *Zeitschr. f. physik. Chem.*, 1896, **22**, 189.
31. Steward (F. C.). — Diffusion of certain solutes through membranes of living plant cells and its bearing upon certain problems of solute movement in the plant. — *Protoplasma*, 1930, **11**, 521.
32. Thren (R.). — Jahreszeitliche Schwankungen des osmotischen Wertes verschiedener ökologischer Typen in der Umgebung von Heidelberg. — Mit einem Beitrag zur Methodik der Presssaftuntersuchung. — *Zeitschr. f. Bot.*, 1934, **26**, 449.
33. Troendle (A.). — Der Einfluss des Lichtes auf die Permeabilität der Plasmahaut. — *Jahrb. Bot.*, 1910, **48**, 171.
34. Troendle (A.). — Neue Untersuchungen über die Aufnahme von Stoffen in die Zelle. — *Biochem. Zeitschr.*, 1920, **112**, 259.
35. Vries (H. de). — Sur la perméabilité du protoplasme des betteraves rouges. — *Arch. néerl. Physiol.*, 1871, **6**, 117.
36. Vries (H. de). — Eine Methode zur Analyse der Turgorkraft. — *Jahrb. Bot.*, 1884, **1**, 14.

Tectonique, courants de turbidité et sédimentation

Application au Jurassique supérieur des chaînes subalpines de Haute-Savoie

par Albert CAROZZI

Privat-Docent, Chef de travaux à l'Institut de Géologie de l'Université de Genève

INTRODUCTION

Par une série de travaux récents (5, 6, 7) *, l'attention des géologues a été attirée sur un curieux processus de sédimentation. Il s'agit en résumé de courants linéaires ou étalés en nappes à forte charge de particules en suspension qui, du fait de leur densité élevée, s'écoulent sur le fond de masses d'eau relativement immobiles. Les courants de turbidité, dont le pouvoir de transport est très élevé, se développent en milieu marin et lacustre, à partir des zones littorales sous l'effet de multiples causes : excès de sédimentation, apports de crues fluviatiles, glissements et coulées subaquatiques, séismes, marées et turbulence des vagues, instabilité tectonique, etc. La cause essentielle consiste en un déséquilibre brusque des sédiments pendant leur dépôt ou immédiatement après ; la relation étroite entre glissements et courants de turbidité est une notion capitale pour la compréhension du phénomène. Les conséquences géologiques en sont importantes et correspondent en gros à la réalisation en milieu profond de caractères sédimentaires considérés jusqu'ici comme spécifiquement littoraux : faciès clastiques grossiers, structures en graded-bedding, faunes littorales déplacées et intercalées dans des séries à faune profonde (avec contamination éventuelle conduisant à des assemblages mixtes), faunes remaniées par érosion littorale de formations plus anciennes et redéposées en milieu profond, etc...

En résumé, les courants de turbidité rendent compte d'un certain nombre d'anomalies lithologiques et faunistiques apparaissant de façon brusque dans des séries uniformes et pour lesquelles

---

* Les chiffres entre parenthèses renvoient à la liste bibliographique en fin d'ouvrage.

l'hypothèse de la proximité des zones littorales se heurte à des difficultés insurmontables.

Nous décrivons dans ce travail quelques coupes stratigraphiques du Malm supérieur de la Nappe de Morcles, entre le Col des Aravis et le Col de Sagerou (Alpes de Sixt, *fig.* 1), présentant

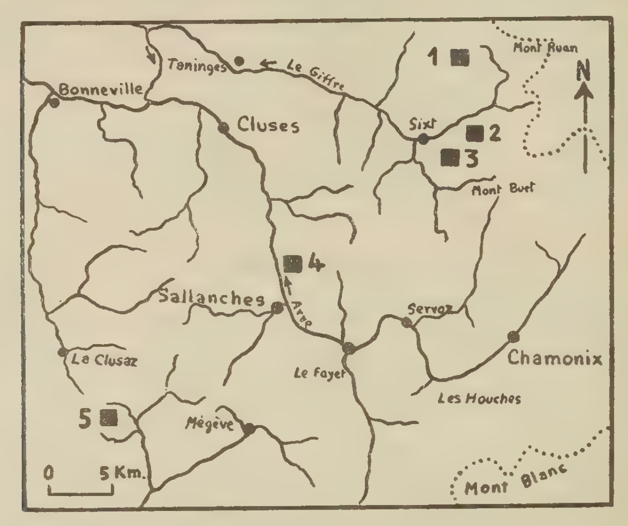


Fig. I.

Esquisse topographique de la région étudiée.
1 : Vogealle, 2 : Nantbride, 3 : Commune, 4 : Oex-Arpenaz, 5 : La Giettaz.

des caractères pétrographiques particuliers attribuables à l'action des courants de turbidité. L'existence, de prime abord surprenante, de ces phénomènes en milieu épicontinental helvétique, provient essentiellement de l'instabilité tectonique liée à la phase néocimmérienne. Cette dernière a eu pour effet principal de créer des conditions telles que le facteur tectonique seul, sans excès de sédimentation, a été capable de provoquer le déclenchement de glissements sous-marins et de courants de turbidité. Il est évident qu'ils n'atteignent pas l'amplitude de ceux développés sur la pente continentale proprement dite ou en milieu géosynclinal, mais ils n'en constituent pas moins un problème lithologique du plus haut intérêt.

1. - DESCRIPTION GÉNÉRALE.

Le Malm supérieur de la Nappe de Morcles et de l'Autochtone (1) est formé par une série épaisse de 100 à 150 m. de calcaires massifs noirs à grain fin et à patine bleutée, déposés en milieu marin

tranquille relativement profond. Le Malm sonne sous le marteau, sa cassure est conchoïdale ou esquilleuse ; à l'analyse chimique il révèle une teneur de 97,90 à 98,00 % de carbonate de chaux. Sa faune essentiellement pélagique comprend des Ammonites, Calpionellidés, Radiolaires, Spongiaires et Chlorophycées inférieures (*) ; les Textularidés et les Miliolidés sont rares. Sous le microscope, le Malm apparaît comme une fine mosaïque de calcite où les débris organiques sont en voie de recristallisation. Les minéraux clastiques sont représentés par de rares et petits grains de quartz et des paillettes de mica, concentrés surtout à la base du Malm. En revanche, les minéraux authigènes : quartz en agrégats et feldspaths en beaux cristaux maclés sont assez largement développés en association du reste avec des granules et flocons de pyrite. Les variations de fréquence des minéraux authigènes sont en accord avec celles des minéraux clastiques et montrent que les premiers tirent leur origine de l'évolution « *in situ* » des apports les plus fins. Ainsi lorsque les minéraux clastiques en grains disparaissent peu à peu vers la partie supérieure du Malm, les composants authigènes peuvent les remplacer lorsqu'il s'agit d'interpréter les mouvements du fond, les oscillations de l'intensité des courants et les variations faunistiques. Nous retrouvons ici des conditions tout à fait semblables à celles du Crétacé supérieur helvétique avec lequel le Malm supérieur possède du reste de multiples analogies pétrographiques et paléogéographiques.

L'étude micrographique du calcaire compact que nous appellerons dorénavant « le faciès fondamental », s'effectue suivant nos méthodes courantes par l'établissement des courbes de clasticité (diamètre maximum) et de fréquence des composants minéraux et organiques. Nous avons schématisé le tracé des courbes par des segments de droites afin de mettre en évidence les principales variations des composants, en négligeant d'innombrables petites fluctuations locales que le grand nombre de coupes minces a révélé n'être d'aucune signification dans le problème qui nous occupe.

L'allure discontinue des courbes provient du fait que les coupes étudiées montrent une succession de niveaux dits « remaniés »(2, 8) épais de quelques décimètres à plusieurs mètres et dont les caractéristiques sont entièrement différentes de celles du faciès fondamental dans lequel ils sont brutalement interstratifiés (*fig.* 2 *a*). En supprimant par la pensée les fluctuations des courbes qui leur correspondent, il est facile de voir quelle est l'évolution lithologique indépendante du faciès fondamental. Deux types différents de sédimentation

(*) Cette désignation comprend l'ensemble formé par *Globochaete alpina* et *Eothryx alpina* Lombard associés à d'autres formes phytoplanctoniques indéterminables.

alternent en fait dans les coupes étudiées et répondent à des ensembles de lois également différentes. D'une part, le faciès fondamental de calcaire compact exprimant les conditions sédimentaires autochtones « *in situ* » et, d'autre part, les brutales intercalations clastiques allochtones (poured-in appearance) régies par des facteurs étrangers du milieu où elles se sédimentent définitivement. Il convient de bien garder en mémoire cette dualité correspondant du reste à ce que Ph. H. Kuenen et C. I. Migliorini (7) ont défini comme sédimentation primaire et secondaire (resédimentation) pour bien comprendre la suite de l'exposé.

Ces « niveaux clastiques », comme ils seront désignés dorénavant, sont en réalité des microconglomérats et des microbrèches constitués par des éléments inorganiques et organiques. Les premiers comprennent des galets de calcaire compact à Radiolaires et Calpionellidés correspondant au faciès fondamental de provenance locale associés à des oolithes coralliennes et des galets de calcaires oolithiques de provenance étrangère. Ces derniers constituants ont en général des contours bien arrondis, tandis que les premiers sont le plus souvent des fragments anguleux, irréguliers, à peine arrachés au substratum (chunks) (*fig.* 2 *c*).

Les éléments organiques sont arrondis ou anguleux suivant les niveaux et comprennent des individus entiers lorsqu'il s'agit de Foraminifères, ou de fragments d'individus et de colonies pour les autres composants. L'ensemble faunistique déterminable constitue une association biologique cohérente et complète, caractéristique des conditions de vie sub-récifale et de provenance exclusivement étrangère. Aucun de ces éléments n'a été rencontré « *in situ* » dans le faciès fondamental, à l'exception cependant des Echinides et des Lamellibranches sans signification écologique particulière.

Cet ensemble faunistique est *uniformément distribué dans la totalité des niveaux clastiques.* Il comprend principalement : Rudistes, Brachiopodes, Echinides, Crinoïdes, Coralliaires, Mélobésiées, Bryozoaires cyclostomes et cheilostomes, *Stromatopora cf. arrabidensis*, Dehorne, Dasycladacées (*Macroporella pygmaea* Gümbel, *Clypeina jurassica* Favre), Characées indéterminables, boules d'Algues filamenteuses génériquement indéterminables, Annélides tubicoles (*Terebella lapilloïdes* Münster in Goldfuss). Parmi les Foraminifères essentiellement arénacés et imperforés, citons : *Conicospirillina basiliensis* Mohler, *Nautiloculina oolithica* Mohler, *Pseudocyclammina lituus* Yabe et Hanzawa, *Coscinoconus alpinus* et *elongatus* Leupold et Bigler, *Ophtalmidium* sp, *Nodophtalmidium* sp, etc. Quelques niveaux contiennent des accumulations de spicules calcifiés de Spongiaires.

Suivant les niveaux, la structure est cahotique avec un classement à peine ébauché, ou bien ce dernier est très bien réalisé, de façon uniforme, ou en graded-bedding normal ou inverse, mais ceci n'exclut pas que le matériel fin soit abondamment représenté dans les parties grossières, ce qui témoigne d'un phénomène mécanique assez brutal. On n'observe jamais de stratification entrecroisée, mais parfois les composants sont alignés avec leurs grands axes disposés parallèlement à la stratification donnant lieu à un aspect fluidal. Mais cette structure provient essentiellement de la tectonisation. Les niveaux épais de quelques mètres sont formés par la superposition d'unités irrégulières ayant chacune leur composition et leur classement propres. Elles peuvent passer par transition de l'une à l'autre ou sont séparées par des surfaces de contact faiblement érodées. Ce sont souvent de tels niveaux composites qui présentent un graded-bedding inverse ou des variations brusques de classement paraissant résulter de l'interférence de plusieurs venues clastiques qui se sont succédées à intervalle très rapproché. Dans quelques niveaux de la coupe de Commune, on peut observer au contact entre des unités clastiques à graded-bedding normal d'un niveau composite, la présence de poches et de dépressions séparées par des protubérances et par lesquelles le niveau supérieur s'indente dans son substratum (*fig. 2 d*). Le matériel de remplissage des cavités est semblable à celui de la partie inférieure du niveau auquel il appartient, parfois un peu plus grossier, mais toujours avec passage insensible vers le haut. La forme complexe des poches montre qu'il ne s'agit pas de cavités préexistantes à la surface de la première venue et remplies ultérieurement par la seconde, mais qu'elles sont dues à l'enfoncement différentiel des matériaux grossiers dans la partie supérieure fine du niveau précédent encore fluide (flow-casts). Parallèlement au graded-bedding, la composition faunistique varie par triage mécanique par dimensions des débris organiques. Ce triage n'est pas lié à la nature microconglomératique ou microbréchique des niveaux et se présente comme un phénomène distributif local d'éléments dont l'aspect extérieur et la nature de l'usure ont été façonnés antérieurement dans un autre milieu, le sens de la notion de resédimentation apparaît ici de façon évidente.

Les zones grossières comprennent principalement des fragments de Rudistes, Brachiopodes, Lamellibranches, Echinides, Coralliaires, Mélobésiées, Bryozoaires, Annélides, boules d'Algues filamenteuses et les gros Foraminifères à l'état d'individus entiers (*Ophtalmidium*, *Coscinoconus*) ; c'est-à-dire la majorité des composants faunistiques atteignant naturellement de grandes dimensions ou qui sont constitués par une juxtaposition solide d'individus en colonies. Leur isolement conduit à la formation de pseudo-oolithes de taille

correspondante, ce cas est illustré par les cellules tubuleuses de Bryozoaires qui donnent lieu à des éléments très résistants à l'usure et de ce fait de taille assez constante. Les zones plus fines sont en revanche riches en débris d'Algues calcaires et en Foraminifères (*Nautiloculina*, Miliolidés et Textularidés) dont chaque individu forme à lui seul une pseudo-oolithe de taille correspondante. Il en est de même pour les tiges d'Algues calcaires, les articles de Crinoïdes et les plaques d'Echinides.

En conséquence, pour les organismes que l'on retrouve dans les pseudo-oolithes, soit à l'état d'individus entiers, soit à l'état de parties conmposantes (valves, plaques, articles, spicules), leur distribution n'est donc pas fonction uniquement des caractéristiques de l'agent de transport, mais est également fonction de leur dimension la plus fréquente. Il est cependant évident que la fragmentation d'organismes à structure interne peu développée ou faiblement résistante conduira à la formation d'éléments de taille déjà plus variable que dans les cas précédents et dépendant dès lors presque uniquement des caractères de l'agent de transport. Le cas extrême est réalisé par les éléments purement inorganiques formés de calcaire compact à Radiolaires et Calpionellidés qui couvrent toute la gamme des tailles observées. Il ne fait aucun doute que la distribution particulière de ces différents débris organiques témoigne d'un mécanisme à faible pouvoir érosif sur les matériaux originellement anguleux qu'il distribue même après un transport que l'on devine assez important. En effet, si une action d'usure prolongée s'était produite, la réduction de volume des éléments agirait contre cette distribution et tendrait progressivement à l'effacer, conduisant ainsi à des faciès à composition faunistique relativement uniforme.

Le contact inférieur des niveaux clastiques avec le Malm compact est toujours brutal, montrant localement des irrégularités dans lesquelles viennent se mouler les éléments clastiques comme si la vase calcaire sous-jacente n'était pas entièrement consolidée lors du dépôt (*fig.* 2 *b*). Localement, les irrégularités du contact proviennent de fragments du substratum en voie d'arrachage ou à peine détachés de leur alvéole (*fig.* 2 *c*). Ces fragments sont en général anguleux et sub-rectangulaires avec leurs grands côtés correspondant à des plans de stratification ou de litage dans la roche, certains montrent des déformations à grand rayon de courbure qui rappellent celles des éléments nés par le phénomène d'arrachage dit « pull-apart » (9), correspondant à une dislocation du substratum encore relativement plastique par des glissements contemporains de la mise en place des niveaux clastiques. Par places, des traces d'érosion sont décelables à la base de ces derniers, mais elles sont faibles et jamais en rapport avec la taille des éléments qui les surmontent.

Si les niveaux clastiques ont une structure cahotique avec classement rudimentaire, le contact supérieur avec le Malm compact est également brutal, tandis que le ciment est peu abondant et à rares organismes. En revanche, les niveaux à graded-bedding normal ou inverse ont un ciment abondant dont la proportion augmente parallèlement à la diminution de taille des éléments, permettant dans ces conditions un passage graduel au calcaire compact encaissant (*fig.* 2 *a*). Les relations faunistiques entre les niveaux clastiques et leur roche encaissante se présentent sous trois aspects principaux. Dans un premier cas, le matériel clastique s'est déposé en une seule masse à structure cahotique sur la surface de la boue pélagique, aucun mélange ne s'est produit avec le substratum et le niveau clastique a conservé sa faune dans son intégrité. Il s'agit sans doute d'une mise en place sans appréciable turbulence interne et les matériaux allochtones ont été recouverts par le faciès fondamental, également sans mélange, comme si la venue du matériel avait cessé aussi brusquement qu'elle avait débuté. Des conditions analogues se retrouvent dans un second cas, mais la structure interne du niveau clastique est moins cahotique et les conditions turbulentes ont conduit à un classement rudimentaire ; le ciment contient alors des organismes pélagiques irrégulièrement distribués. Il s'agit surtout de Radiolaires et de Calpionellidés, semblables à ceux du faciès fondamental. Ils mettent en évidence une contamination mécanique effectuée pendant le transport du matériel clastique. Enfin, dans les niveaux à graded-bedding, seules les parties fines à ciment abondant et donnant lieu à un passage graduel au faciès fondamental contiennent des éléments pélagiques dont la proportion s'accroît vers l'extérieur. Le bon classement montre que l'arrivée des matériaux s'est effectuée brusquement pour ensuite s'éteindre petit à petit dans le cas d'un graded-bedding normal et vice-versa dans le cas d'un graded-bedding inverse, conduisant ainsi à un mélange périphérique avec le faciès fondamental « *in situ* ». Le cas extrême est réalisé lorsque se sont produits des apports clastiques insuffisants pour constituer un niveau proprement dit et que seulement des « traînées » d'éléments allochtones ont été distribuées dans le calcaire compact.

Il est évident que la contamination mécanique pendant le transport et le mélange sur place ont dû souvent interférer à plusieurs reprises, surtout si le déplacement des matériaux clastiques s'est effectué par étapes. Malheureusement, il n'est pas possible d'étudier plus en détail ce phénomène de transport, car il s'agit d'une incorporation d'éléments pélagiques ubiquistes et non de formes benthiques ayant une distribution écologique spécifique qui permettraient de reconstituer les étapes du déplacement (11).

Les variations de composition et de structure des divers niveaux clastiques sont fortes en verticale dès qu'ils dépassent cinquante centimètres d'épaisseur, surtout lorsqu'ils résultent de la superposition ou de l'interférence plus ou moins poussée de plusieurs venues clastiques qui se sont succédé à intervalles rapprochés. Ce phénomène est encore compliqué par des variations de la proportion des débris organiques pouvant constituer par leur accumulation locale de véritables microbrèches zoogènes. Cependant la situation est différente dans le plan horizontal où les variations de composition et de structure sont très lentes et n'affectent que des éléments accessoires. En effet, le caractère microbréchique ou microconglomératique se maintient de façon assez constante et ne subit de modification appréciable qu'au moment où les niveaux tendent à perdre leur individualité en passant à des traînées d'éléments clastiques disséminées dans le faciès fondamental avant de disparaître complètement. Les rapports entre les niveaux clastiques et le faciès fondamental sont assez constants. La présence des intercalations détritiques correspondant toujours à un maximum brutal des apports minéraux en grains, ainsi que de la pyrite, parfois accompagnée de limonite primaire et de débris phosphatés. La fréquence et le diamètre maximum des cristaux authigènes de quartz et de feldspaths accusent également un fort maximum. Il n'est pas rare d'observer des cristaux maclés de feldspaths développés en partie dans les éléments clastiques et dans la gangue.

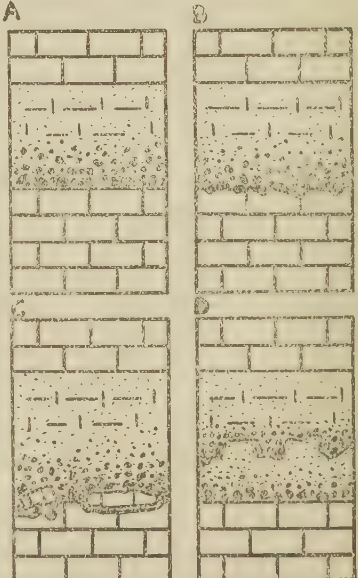


Fig. 2.

Divers types de niveaux clastiques du Jurassique supérieur de la Nappe de Morcles.

A : niveau à graded-bedding normal et contact net à la base.

B : niveau à graded-bedding normal et contact irrégulier à la base.

C : niveau à graded-bedding normal et phénomènes d'arrachage de galets du substratum (chunks).

D : niveau composite à graded-bedding normal avec poches et protubérances (flow-casts) au contact entre les deux éléments constitutifs.

Cet habitus témoigne de l'excès de minéraux clastiques fins présents dans ces niveaux qui ont fourni les éléments nécessaires aux synthèses authigènes lors de la compaction.

Il est remarquable de constater que tous les maxima énumérés se réalisent brusquement sans que rien ne les laisse prévoir dans le faciès fondamental qui conserve intacts tous ses caractères jusqu'aux plans de contact avec les niveaux clastiques. Un phénomène analogue se traduit par la disparition brutale ou la chute de fréquence de tous les composants faunistiques pélagiques du faciès fondamental : Calpionellidés, Radiolaires, Ostracodes et Chlorophycées inférieures. En revanche, les spicules calcifiés de Spongiaires peuvent se concentrer dans les niveaux clastiques. Comme il s'agit d'un élément benthique, la contamination mécanique lors du transport ne saurait faire aucun doute.

Note importante

Pour toutes les coupes :

1. Les niveaux clastiques à faciès microconglomératique sont figurés par des points noirs (●), ceux à faciès microbréchique par des triangles noirs (▲).
2. Le sommet de toutes les coupes correspond à la limite supérieure du Malm et les nombres à droite de la colonne stratigraphique indiquent les mètres à partir de cette limite.
3. La fréquence des minéraux et des organismes est exprimée par le nombre de grains ou d'individus rencontrés sur un diamètre de 18,2 mm. uniforme pour chaque préparation.
4. La fréquence du fer est exprimée par des degrés d'importance relative allant de 0 à 10.
5. Les très petites dimensions des cristaux de feldspaths authigènes et de quartz secondaire rendent leur distinction impossible dans de nombreux niveaux. En conséquence, les indications relatives à ces deux minéraux de comportement semblable ont été groupées en un seul couple de courbes.
6. La courbe de clasticité maximale des niveaux allochtones montre en trait plein épais les variations à l'intérieur de chacun d'eux (structure en graded-bedding normal, inverse ; uniforme ou composite). Les raccords entre niveaux sont figurés en tireté.
7. Les courbes sont numérotées comme suit :
   1. Courbe de clasticité maximale du quartz détritique.
   2. Courbe de clasticité maximale du mica détritique.
   3. Courbe de fréquence de la pyrite.
   4. Courbe de diamètre maximum (trait plein) et de fréquence (trait pointillé) des minéraux authigènes.
   5. Courbe de fréquence des Calpionellidés.
   6. Courbe de diamètre maximum (trait plein) et de fréquence (trait pointillé) des Radiolaires.
   7. Courbe de fréquence des Ostracodes.
   8. Courbe de fréquence des Spongiaires.
   9. Courbe de fréquence des Chlorophycées inférieures.
   10. Courbe de fréquence des Oolithes.
   11. Courbe de clasticité maximale des niveaux allochtones.

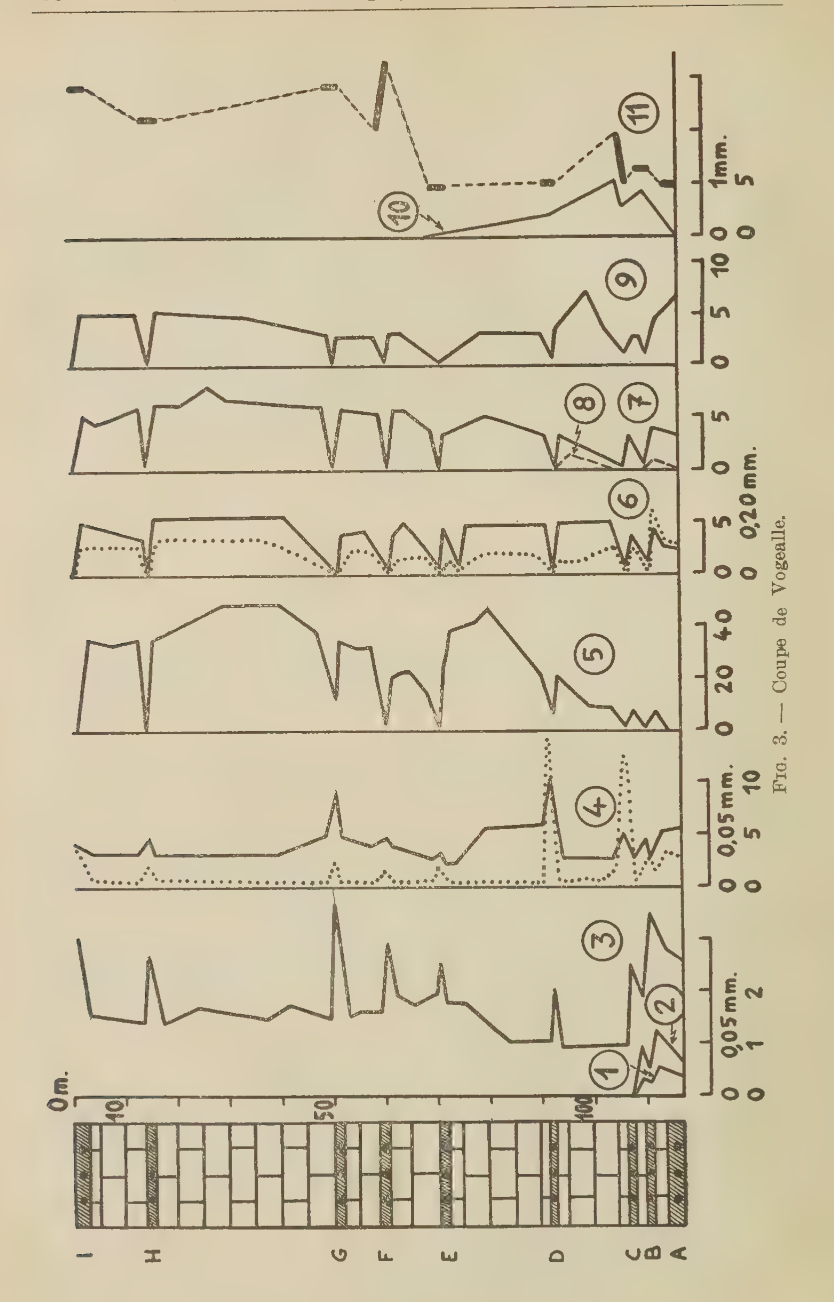


Fig. 3. — Coupe de Vogealle.

2. - DESCRIPTION DÉTAILLÉE.

Nous ne décrirons en détail que la coupe de Vogealle (*fig.* 3), la plus riche en niveaux clastiques, car les autres séries étudiées offrent des caractères analogues et ne s'en distinguent que par variantes de signification tout à fait locale.

a) Le faciès fondamental.

Les minéraux détritiques représentés par de rares grains anguleux de quartz et des paillettes de muscovite ne dépassent pas une clasticité maximale de 0,025 et 0,070 mm. respectivement. Ils disparaissent du reste rapidement vers le haut, et dès 107 m. la série est entièrement dépourvue de minéraux clastiques. Le fer, en revanche, à l'état de granules de pyrite, est largement représenté dans tous les niveaux. Sa courbe de fréquence montre une chute assez forte à la base de la coupe, parallèlement aux minéraux détritiques, puis les valeurs s'élèvent à nouveau et gardent dès 70 m. une allure assez constante. La fréquence et le diamètre maximum des cristaux de quartz secondaire et de feldspaths authigènes varient parallèlement. Les deux courbes subissent également une chute rapide dans les premiers mètres de la coupe, puis gardent une valeur presque constante jusqu'au sommet. La taille maximale des cristaux de feldspaths authigènes ne dépasse pas 0,090 mm., avec une valeur moyenne de 0,030 mm. La courbe de fréquence des Calpionellidés part d'une valeur minimale à la base de la coupe, puis s'élève rapidement pour atteindre un premier maximum vers 80 m., séparé du second à 40 m. par une diminution assez sensible. En fait, les Calpionellidés sont bien représentés dès 80 m. et constituent dès lors l'élément faunistique principal.

Les Radiolaires ont, en revanche, un comportement uniforme dans toute la coupe, autant en ce qui concerne la fréquence que la taille maximale des individus (maximum : 0,180 mm., moyenne : 0,075 mm.). La fréquence des Chlorophycées inférieures augmente lentement vers le haut, tandis que celle des Ostracodes décrit une courbe légèrement ondulée qui atteint ses valeurs maximales à 100 m. et entre 30 m. et 0 m.

Les spicules calcifiés de Spongiaires sont irrégulièrement distribués entre 93 m. et 115 m. A l'exception des Calpionellidés dont la fréquence augmente depuis la base de la coupe jusqu'à stabilisation, les autres composants expriment une stabilité complète des conditions paléogéographiques.

b) Les niveaux clastiques.

La majorité montre un classement assez uniforme, excepté le niveau C à graded-bedding inverse et le niveau F à graded-bedding

normal. La courbe de fréquence des oolithes montre une zone maximale correspondant aux niveaux B, C et D, suivie d'une zone minimale couvrant le reste de la coupe.

3. - ESSAIS DE CORRÉLATION ET CONCLUSIONS.

Il ne fait aucun doute que l'établissement des raccords entre les niveaux clastiques des diverses coupes étudiées est une entreprise particulièrement délicate. En effet, le type de sédimentation secondaire réalisé par les courants de turbidité est capricieux autant dans la nature du matériel transporté que dans le mode de distribution horizontale. Il permet de fréquentes interférences des venues clastiques qui se traduisent par des niveaux dédoublés ou composites. En ce qui concerne la distribution horizontale, il n'est pas rare de constater la disparition graduelle en coin de certaines venues clastiques et leur remplacement par d'autres. Seuls des raccords d'ensemble entre groupes de niveaux ayant des affinités évidentes peuvent être établis, sans que des corrélations précises terme par terme soient partout réalisables. Les critères utilisables varient suivant les cas, mais ils doivent être si possible indépendants les uns des autres et de sensibilité différente afin que leurs indications soient complémentaires. Dans les exemples étudiés, les critères suivants se sont révélés spécifiques :

1° *Le faciès des niveaux clastiques* (microconglomératique, microbréchique, zoogène) permet de distinguer des groupes de niveaux en première approximation.

2° *La structure des niveaux clastiques* (en graded-bedding normal, inverse, uniforme ou composite) fournit le moyen de distinguer les niveaux à l'intérieur des groupes à faciès commun. On peut admettre avec Ph. H. Kuenen (*) que la structure en graded-bedding inverse est le résultat de l'interférence de deux courants de turbidité, le second ayant rattrapé le premier. La structure composite résulte d'un phénomène complexe au point de représenter chaque fois un cas d'espèce. Il n'est également pas possible d'établir des équivalences basées sur les indices de clasticité maximale, la variété morphologique des débris organiques introduisant trop de fluctuations dans les dimensions.

3° *La distribution d'éléments organiques et inorganiques à caractères particuliers* permet des corrélations terme par terme très précieuses. La présence de *Clypeina jurassica* Favre et des oolithes a été utilisée dans ce sens à plusieurs reprises.

(*) Minutes of the meetings of the Third International Congress of Sedimentology, p. 23, Netherlands 1951.

La combinaison des ces trois critères permet d'obtenir des raccords satisfaisants entre les niveaux clastiques des coupes étudiées dont la position paléogéographique initiale à l'intérieur du bassin de sédimentation de la Nappe de Morcles s'obtient par le déroulement des plis de cette dernière. En s'éloignant obliquement du bord septentrional du bassin, correspondant au massif des Aiguilles-Rouges, les coupes sont placées dans l'ordre suivant : Vogealle, Nantbride, Commune, Oex-Arpenaz et La Giettaz (*fig.* 4).

De prime abord, il est possible de distinguer trois zones distinctes de niveaux clastiques. Celles situées au sommet et à la base des coupes sont essentiellement microconglomératiques, tandis que celle du milieu est à prédominance microbréchique. Leurs composants se distribuent comme suit :

Zones et niveaux		Vogealle	Nantbride	Commune	Oex-Arpenaz	La Giettaz
Zone supérieure (microconglomératique)	9	I	G	H	—	—
	8	H	F	G	F	—
Zone moyenne (microbréchique)	7	G	E	F	—	—
	6	F	D	E	E	—
	5	E	—	—	—	—
Zone inférieure (microconglomératique)	4	D	—	—	—	—
	3	C	C	C + D	C + D	B
	2	B	B	B	B	—
	1	A	A	A	A	A

1. - Zone inférieure (microconglomératique).

Les niveaux de cette zone sont les seuls qui contiennent des oolithes associées aux débris organiques récifaux ; ils réalisent également assez souvent des dédoublements ainsi que le graded-bedding inverse. Ces deux caractères témoignent de phénomènes d'interférence entre des courants de turbidité déclenchés au même moment ou dont les matériaux se sont mêlés au hasard de leur

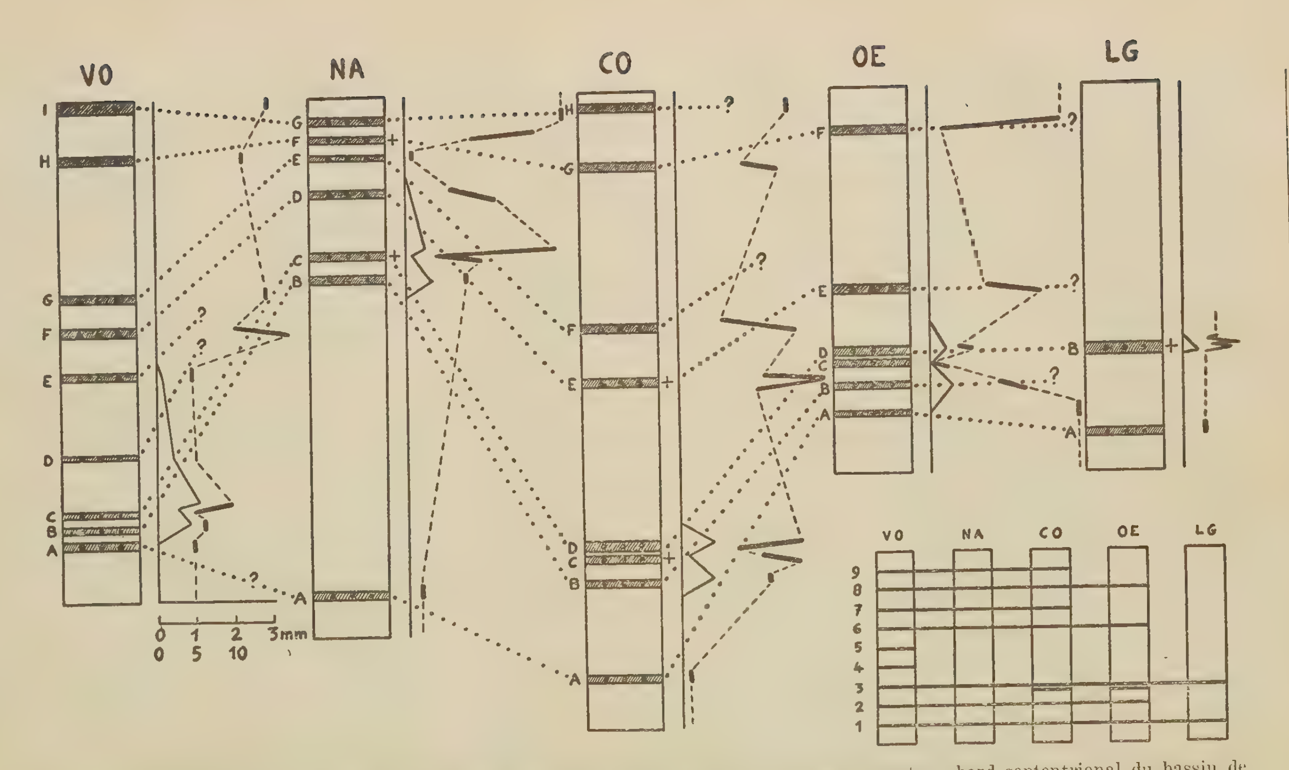


Fig. 4. — Essai de corrélation des niveaux clastiques, le long d'un profil oblique par rapport au bord septentrional du bassin de sédimentation, sur la base de la courbe de fréquence des oolithes et de la courbe de clasticité maximale.

Les profondeurs sont croissantes de gauche à droite : VO : Vogealle, NA : Nantbride, CO : Commune, OE : Oex-Arpenaz, LG : La Giettaz. Les niveaux composites sont marqués par une croix (+). Le schéma de droite en bas illustre les rapports théoriques entre les dépôts des neuf courants de turbidité mis en évidence.

descente le long de la pente continentale. Le niveau A à classement uniforme dépourvu d'oolithes se relie facilement d'une coupe à l'autre bien qu'il paraisse occuper une position aberrante à Nantbride. Le niveau B, uniforme ou à graded-bedding normal, correspond dans toutes les coupes à un premier maximum de la fréquence des oolithes, il ne montre cependant pas d'équivalent à La Giettaz. Le second maximum de la fréquence des oolithes correspond au niveau C de Vogealle et de Nantbride, caractérisé par un graded-bedding inverse. Des conditions analogues se retrouvent à Commune et Oex-Arpenaz, mais marquées par deux niveaux intimement liés (C et D). Il semble que les produits de deux courants de turbidité mêlés à Vogealle et à Nantbride se soient en revanche différenciés plus loin dans leur parcours, en se mêlant du reste à nouveau en un seul niveau composite très riche en oolithes à La Giettaz (niveau B).

Quant au niveau D de la coupe de Vogealle, du reste de faible épaisseur, il ne paraît pas se poursuivre ailleurs.

2. - **Zone moyenne (microbréchique).**

Le niveau E de Vogealle à classement uniforme ne possède pas d'équivalent dans les autres coupes. En revanche, le niveau F de la même coupe, caractérisé par un graded-bedding normal bien développé, se trouve dans les coupes suivantes (D à Nantbride, E à Commune et Oex-Arpenaz), mais n'existe plus à La Giettaz. Il constitue un repère précieux dont les caractères sont remarquablement constants en horizontale, bien qu'il puisse être localement composite et à classement symétrique. Le niveau G de Vogealle à classement uniforme devient à graded-bedding normal dans la coupe de Commune avant de disparaître.

3. - **Zone supérieure (microconglomératique).**

Les deux niveaux qui la composent possèdent des caractères très semblables. La clasticité la plus élevée caractérise le niveau supérieur qui est toujours à classement uniforme. En revanche, le niveau inférieur est parfois composite avec graded-bedding inverse, traduisant des conditions d'interférences comme à Nantbride et à Oex-Arpenaz qu'il ne dépasse du reste pas.

Il est donc possible de mettre en évidence au moins neuf dépôts correspondant à autant de courants de turbidité qui ont affecté la sédimentation des coupes étudiées. Ils sont tous représentés dans la coupe de Vogealle, paléogéographiquement la plus littorale, puis leur nombre, leur importance ainsi que la taille des éléments constitutifs diminuent graduellement dans les coupes de Nantbride, Com-

mune, Oex-Arpenaz et La Giettaz, en d'autres termes vers le large. Il s'ensuit que le Malm supérieur de la Nappe de Morcles devait présenter le long du littoral méridional des Aiguilles-Rouges, un liseré de formations récifales. Comme des conditions analogues se retrouvent dans l'Autochtone de Saint-Maurice (Mex) révélant la bordure septentrionale du même massif, il est probable que ce liseré devait le ceinturer de façon plus ou moins continue. Les débris récifaux façonnés par l'action des vagues contre les récifs et accumulés en talus sous-marins périphériques se sont mis en mouvement à des multiples reprises sous forme de glissements sub-aquatiques et de courants de turbidité déclenchés comme tels ou issus par dilution des premiers. La cause essentielle de cette succession de ruptures d'équilibre dont l'intensité s'accroît vers le sommet du Jurassique supérieur réside dans l'instabilité tectonique de cette période, liée à la phase néocimmérienne. En effet le faible tonnage d'éléments clastiques mis en mouvement n'exprime pas un excès de sédimentation comme cause de déclenchement, mais évoque plutôt des déformations du substratum, accompagnés de séismes et d'abaissements relatifs du plan d'eau (4). Ces conditions ont permis aux débris récifaux de se répandre de façon brusque et intermittente depuis les zones littorales et les hauts-fonds, après un déplacement d'une dizaine de kilomètres environ, dans les faciès plus profonds où la sédimentation calcaire pélagique se poursuivait sans interruption.

Dans l'état actuel de nos connaissances, ce mécanisme rend compte de la totalité des caractères particuliers de ces niveaux, car seules deux autres possibilités peuvent être envisagées et elles se heurtent à des objections fondamentales. Premièrement, les niveaux clastiques correspondraient à des faciès littoraux réalisés par de fortes et rapides variations de profondeur. Ces conditions exigent que les niveaux clastiques soient précédés et suivis par des modifications lithologiques et faunistiques du faciès fondamental. Or ceci n'est jamais le cas, le contact est toujours net et les caractères du faciès fondamental n'ont été troublés que par l'arrivée des particules détritiques. La seconde possibilité est d'envisager que les dépôts dans leur ensemble soient à faciès peu profond ; dans ce cas on devrait trouver des ripple-marks, chenaux d'érosion, stratifications entre-croisées et faune benthique abondante dans le calcaire compact. Or toutes ces manifestations d'un milieu de faible profondeur sont absentes aussi bien dans les niveaux clastiques que dans le faciès fondamental.

A la lumière de ces constatations, une différenciation de faciès du Malm supérieur de la Nappe de Morcles paraît se révéler. Dans des endroits privilégiés, correspondant à des zones littorales ou à

des hauts-fonds, une diminution générale de profondeur est évidente. Elle se traduit (2) par des surfaces rognonneuses balayées par les courants sous-marins, par des calcaires dolomitiques, des brèches, voire des faciès récifaux ou même lacustres par endroits, comme le laisse supposer la présence de débris flottés de Characées dans les brèches du sommet du Mont Ruan (3). Dans d'autres régions plus profondes du même bassin, telles que les coupes étudiées, aucune diminution appréciable de la profondeur ne s'est produite, comme le montrent les composants minéraux et organiques. Seules les intercalations clastiques déposées par les courants de turbidité témoignent de l'existence de faciès plus littoraux et de leur forte instabilité tectonique. L'accroissement vers le haut du nombre des galets arrachés au substratum par les courants de turbidité, montre que ces derniers ont graduellement étendu leur domaine d'érosion à des zones où régnait le faciès fondamental. Ainsi aucune partie du bassin sédimentaire de la Nappe de Morcles ne semble être restée entièrement à l'abri des effets de la phase néocimmérienne.

Albert CAROZZI.

BIBLIOGRAPHIE

1. Collet (L. W.). — « La Nappe de Morcles entre Arve et Rhône ». *Mat. carte géol. Suisse*, N. S. 79 livr. Berne, 1943.
2. Collet (L. W.). — « Les brèches du Jurassique supérieur et la limite Jurassique-Crétacé ». *Ecl. Geol. Helv.*, **29**, 283-290, 1936.
3. Collet (L. W.) et Carozzi (A.). — « Sur la découverte de débris de Characées dans les brèches du Malm supérieur au Mont Ruan (Nappe de Morcles) ». *C. R. Soc. Phys. Hist. Nat.* **64**, 10-12, Genève, 1947.
4. Ericson (D. B.), Ewing (M.) et Heezen (B. C.). — « Turbidity currents and sediments in North Atlantic ». *Bull. Am. Assoc. Petr. Geol.* **36**, 489-511, 1952.
5. Kuenen (Ph. H.). — « Turbidity currents of high density ». 18 *th Internat. Geol. Cong.* VIII, Sect. G, 44-52, London, 1948.
6. Kuenen (Ph. H.). — « Properties of turbidity currents of high density ». *Soc. Econ. Pal. Min. Sp. Publ.* 2. Symposium on Turbidity Currents, 14-33, 1951
7. Kuenen (Ph. H.) et Migliorini (C. I.). — « Turbidity currents as a cause of graded bedding ». *Journ. Geol.*, **58**, 91-127, 1950.
8. Lombard (Aug.). — « Géologie de la région du Fer à Cheval (Sixt, Haute-Savoie) ». *Ecl. Géol. Helv.* **25**, 163-198, 1932.
9. Natland (M. L.) et Kuenen (Ph. H.). — « Sedimentary history of the Ventura Basin, California, and the action of turbidity currents ». *Soc. Econ. Pal. Min. Sp.* Publ. 2. Symposium on Turbidity Currents, 76-107, 1951.
10. Parejas (Ed.). — « Géologie de la zone de Chamonix comprise entre le Mont-Blanc et les Aiguilles-Rouges ». *Mém. Soc. Phys. Hist. Nat.* **39**, 373-442, Genève, 1922.
11. Phleger (F. B.). — « Displaced Foraminifera Faunas ». *Soc. Econ. Pal. Min. Sp.* Publ. 2. Symposium on Turbidity Currents, 66-75, 1951.



LES LIVRES

Daniel BARBIER. — Les atmosphères stellaires. — Préface de F. Croze. — Un vol. in-8° jésus, 239 p. Bibliothèque de Philosophie Scientifique dirigée par P. Gaultier. — E. Flammarion, édit., 1952. Prix : 625 francs.

Dans cet ouvrage, M. D. Barbier, astronome à l'Observatoire de Paris et à l'Institut d'Astrophysique, donne un exposé très clair, approfondi et documenté de l'essentiel des connaissances actuelles déduites de l'observation spectroscopique sur la constitution et l'état physique des atmosphères stellaires.

Après un rappel de l'évolution historique de l'astrophysique et une vue d'ensemble sur les caractères principaux des atmosphères stellaires, M. D. Barbier montre comment, à partir des résultats de l'analyse spectrale, on a pu obtenir une classification cohérente des étoiles (théorie de Saha, diagramme de Russell-Hertzsprung), mesurer les températures effectives et la gravité superficielle sur les étoiles. Après avoir décrit les méthodes et les principaux résultats obtenus par la photométrie spectroscopique, il expose ensuite la théorie de l'équilibre thermique des atmosphères stellaires, les méthodes de détermination du coefficient d'absorption de la matière stellaire, la théorie de l'équilibre hydrostatique des atmosphères stellaires. Discutant ensuite les causes d'élargissement des raies spectrales, les caractéristiques théoriques et expérimentales des contours et de l'intensité totale des raies d'absorption, l'effet Stark interatomique, il montre comment l'application de ces résultats a permis d'améliorer nos connaissances sur l'état physique dans les atmosphères stellaires. M. Barbier examine ensuite les déviations par rapport à l'équilibre thermodynamique local, la théorie des cycles et les propriétés des étoiles à atmosphères étendues, et indique quelques résultats que l'on déduit plus particulièrement de l'étude des spectres moléculaires. Revenant sur la classification des étoiles, il montre comment les premiers résultats malgré leurs bases fragiles ont pu préparer l'élaboration de la théorie moderne des étoiles. Quelques résultats sont ensuite exposés sur les propriétés des atmosphères des étoiles à raies d'émission, les étoiles de Wolf-Rayet, et les étoiles Be, sur les nébuleuses planétaires et les nébuleuses gazeuses.

En appendice, M. D. Barbier donne quelques indications résultant de travaux récents sur la température de la chromosphère et de la couronne solaire ; M. F. Croze une note sur l'identification des raies du « nébulium ».

Après la lecture de l'ouvrage de M. Barbier, on ne peut que partager l'opinion de M. F. Croze, terminant sa préface en déclarant que ce livre « se lira comme un roman d'aventures ».

G. PETIAU.

H. BÉGHIN, de l'Académie des Sciences. — **Cours de Mécanique théorique et appliquée**, préfacé par le Général Brisac, commmandant l'Ecole Polytechnique. Tome I - VIII, 551 p. et 300 fig., édition définitive : 7.500 francs. Tome II, 328 p. et 130 fig., procédé Offsett. 3.500 francs.

J'ai déjà eu l'occasion de signaler ici-même l'importance de cet ouvrage, alors qu'il n'existait encore que sous forme dactylographiée. Un résultat définitif est maintenant atteint pour le tome I, tandis que le tome II est mis à la disposition des ingénieurs et des étudiants de facultés sous une forme des plus satisfaisante. Comme on sait, l'ouvrage reproduit, dans les grandes

lignes, les leçons professées par M. Henri Béghin il y a environ six ans, à l'Ecole Polytechnique. Le tome I expose la cinématique et développe la statique et la dynamique, en accentuant le rôle de la notion de travail et insistant sur les systèmes d'unités. Il englobe l'équilibre et le mouvement des fils, la théorie des chocs et percussions et tout ce qui concerne la Mécanique analytique. Le tome II traite des solides en rotations, du gyroscope et de ses applications, des machines et de la régularisation de leur mouvement. Puis il donne un exposé très substantiel sur l'étude géométrique, cinématique et dynamique des milieux continus (mouvements tourbillonnaires, résistance des fluides, propagation des ondes, turbulence, etc...) ; il donne en outre d'importants développements sur l'élasticité et la résistance des matériaux.

Cet ouvrage, aux qualités magistrales, et où le théorème du travail virtuel a été, grâce à une analyse pénétrante de l'auteur, dégagé avec le maximum de généralité, a dès maintenant pris rang parmi les traités classiques.

G. BOULIGAND.

Emile BOREL, de l'Académie des Sciences. — **L'imaginaire et le réel en Mathématique et en Physique.** — Un in-16 jésus de 248 p., avec 16 fig. Albin Michel. Paris, 1952. Prix : 900 francs.

Dans un esprit bien connu des lecteurs de sa collection (Bibliothèque d'éducation par la Science), Emile Borel vient de produire un joli volume dont les buts principaux sont, d'une part, de souligner l'efficacité qu'ont eu pour le progrès de la science des hypothèses absurdes au prime abord, d'autre part, de développer chez les expérimentateurs la conscience du caractère, souvent très distant de la réalité, des hypothèses qu'ils utilisent.

La première partie reprend à sa base la théorie mathématique des nombres imaginaires, de leur représentation géométrique, des éléments imaginaires et de leur rôle en géométrie. Elle montre l'intérêt qu'on a éprouvé à prolonger ces notions en théorie des fonctions et en théorie des ensembles.

On s'achemine ensuite vers la Physique. L'imaginaire va continuer à y jouer un rôle important, mais qui sera concurrencé par **l'imaginé.** Or, la recherche d'une large, généralité en Mathématique conduit d'emblée à ce dernier thème, qu'on s'occupe d'idéaux ou de corps algébriques, qu'on raisonne sur le calcul différentiel absolu ou sur les espaces abstraits. D'où un chapitre de transition, précédant la Physique, et où l'auteur appelle l'attention sur les problèmes que posent les **nombres imaginés** (en les distinguant des nombres arbitraires), nombres qui peuvent être réels.

La partie consacrée à la Physique contient un développement historique, se déroulant à partir de l'optique de Fresnel et de la théorie électromagnétique de la lumière. On y voit poindre, avec la relativité, la rénovation des idées d'espace et de temps. Puis vient la révolution des quanta, aboutissant sur le terrain concret à la radioactivité artificielle et aux réactions en chaîne. Et dans cette performance grandiose, on peut voir la part qu'a prise **l'imaginé,** notion préférée de l'auteur et qui émerge du livre, dans son ensemble.

G. BOULIGAND.

BOVET (D.) et BOVET-NITTI (F.). — **Structure et activité pharmacodynamique des médicaments du système nerveux végétatif. — Adrénaline, Acétylcholine, Histamine et leurs antagonistes.** — Un volume de 832 pages. Editions Karger, Bâle, 1948.

Correspondant pour la France : E. Ulman, 16, avenue de Villiers, Paris (17e).

Il ne saurait être question de résumer, même sommairement, un ouvrage aussi important ; on ne peut qu'en souligner les grandes lignes. Comme l'écrivent les auteurs dans leur préface et comme l'indique d'ailleurs très clairement le titre, ce livre envisage dans un sens très large l'action des

substances chimiques sur le système nerveux végétatif. Il comporte trois parties principales se rapportant aux trois grands chefs de file pharmacologiques, l'adrénaline, l'acétylcholine et l'histamine.

A propos de cette dernière, les auteurs précisent que bien qu'il ne s'agisse pas d'un médiateur chimique, elle doit être placée aux côtés des deux autres à cause des analogies évidentes qu'elle présente avec les poisons du système nerveux autonome par sa structure et par ses effets.

Les auteurs étudient d'abord l'adrénaline et les **poisons sympathomimétiques** classés en deux groupes, suivant qu'ils dérivent ou non de la phényléthylamine. Ils s'occupent ensuite des **poisons** sympatholytiques, antagonistes de l'adrénaline : produits de synthèse (aromatiques ou hétérocycliques) ou alcaloïdes naturels (alcaloïdes de l'ergot, yohimbine et corynanthine). Puis, ils passent à l'étude de l'activité parasympathomimétique de l'acétylcholine, des poisons muscariniques et des alcaloïdes parasympathomimétiques (pilocarpine, arécoline). Un chapitre est ensuite consacré aux inhibiteurs de la cholinestérase (ésérine et poisons éseriniques, phényluréthanes, P. F. P., etc...).

Vient ensuite l'étude des parasympatholytiques : atropine et ses dérivés naturels ou synthétiques ; spamolytiques naturels ou de synthèse, anesthésiques locaux.

Trois chapitres sont ensuite consacrés à la fonction synaptique de l'acétylcholine, ce qui conduit à étudier les poisons nicotiques et curarisants.

Enfin, sont envisagés l'histamine et les antihistaminiques de synthèse ainsi que leur rôle en pathologie expérimentale.

L'ouvrage comporte de nombreux tableaux présentant, en une vue synthétique, formules développées, action vis à vis de divers test, coefficients d'activité, etc... Des schémas d'enregistrement graphique éclairent heureusement le texte et permettent ainsi d'apercevoir les relations entre la structure chimique des corps et leur activité pharmacodynamique. La bibliographie est extrêmement complète et comporte les références des travaux les plus récents. Soulignons bien qu'une bonne partie des résultats présentés résultent des travaux personnels, réalisés par les auteurs dans le laboratoire de Chimie thérapeutique du Professeur Fourneau, à l'Institut Pasteur de Paris (sympatholytiques antifibrillants cardiaques, parasympathomimétiques, curarisants, antihistaminiques, etc...).

La consultation de cet ouvrage est fructueuse, non seulement par les renseignements précis qu'elle peut apporter aux chercheurs, mais aussi par l'enthousiasme qui se dégage à chaque ligne et fait comprendre au lecteur les joies que peut procurer la recherche scientifique. Il n'est pas, à mon avis, de plus bel éloge pour un livre.

R. TRUHAUT.

CAUCHOIS (Yvette). — Atomes, Spectres, Matière. — Préface de Jean Cabannes. Collection Sciences d'Aujourd'hui, dirigée par André George. 1 vol. in-16, 640 p., 119 fig., 8 pl., Paris, 1952. Albin Michel Edit. Prix : 1.800 francs.

Dans ce très gros volume, Mlle Yvette Cauchois, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, donne un exposé d'ensemble sur diverses matières enseignées généralement dans les cours d'Atomistique ou de Chimie physique et réparties selon le plan suivant : 1°) Propriétés et structure de la matière ; 2°) Particules ; 3°) Spectres optiques d'atomes et quanta ; 4°) Notions élémentaires de mécanique ondulatoire et appliquée aux électrons atomiques ; 5°) Les spectres de rayons X et la structure de la matière.

Dans la première partie, Mlle Y. Cauchois montre notamment par quelles expériences on a pu mettre en évidence la structure discontinue de la matière et comment les lois générales de la chimie ont conduit au concept

de la structure atomique de la matière. Les propriétés de la matière sont alors examinées du point de vue de l'atomistique, ce qui conduit en particulier à une étude appronfondie de l'état cristallin et de la théorie des gaz..

La seconde partie expose les caractères des différents types de particules élémentaires et notamment des électrons : mise en évidence et mesures de la charge spécifique des électrons, comportement des particules chargées dans les champs électriques et magnétiques, principe des diverses méthodes classiques de spectroscopie de masse.

La troisième partie décrit la structure des spectres optiques d'après la théorie des quanta : classification des termes spectraux, spectres de l'hydrogène, des atomes hydrogénoïdes, des atomes alcalins et alcalino-terreux, des atomes à plusieurs électrons, spectres de résonance et de fluorescence atomique, émission et absorption des raies spectrales, effet Zeeman et effet Stark. Cette structure des spectres est justifiée dans la 4[e] partie qui expose des notions élémentaires de la mécanique ondulatoire : Introduction et propriétés de l'équation d'ondes de Schrödinger dans le cas d'un ou de deux électrons atomiques, application à la classification des éléments, intensité et largeur des raies spectrales.

La cinquième partie consacrée à la physique des rayons X donne un exposé approfondi sur les spectres de rayons X et leur relation avec la structure de la matière : caractères généraux des rayons X, absorption des rayons X et effets photoélectriques, structure et théorie de l'émission des spectres X, spectres X d'absorption, caractères généraux des électrons dans les métaux et manifestation de la structure des métaux dans les spectres X.

G. PETIAU.

CAILLEUX (André). — Les Roches. — 1 vol. in-16, 128 pages, 15 fig., 29 tableaux. (Collection **« Que sais-je ? »**) Paris, 1952, Presses Universitaires de France, édit. (Prix : 150 francs.)

On imagine bien que l'auteur n'a pas perdu son temps à écrire un livre sur les roches pour nous confirmer seulement ce que nous avons lu dans tous les ouvrages traitant le même sujet. C'est d'ailleurs une première difficulté qui rebuterait bien des auteurs. M. André Cailleux avait un plan personnel et le lecteur en est satisfait. Il y a bien une présentation des roches, magmatiques, sédimentaires et métamorphiques, mais elle est suivie de réflexions utiles sur l'âge et la répartition des roches, et d'un excellent chapitre sur leurs propriétés mécaniques et physico-chimiques, avec un résumé en tableaux. Lorsque nous avons lu les derniers chapitres sur les transformations, les altérations, l'érosion et les applications pratiques, nous avons l'impression d'avoir appris beaucoup de choses condensées en peu de pages. Ceci vaut particulièrement pour les propriétés chimiques, physiques et mécaniques, qui ont fait l'objet d'études très poussées dans les laboratoires de travaux publics, mais qui ne trouvent ordinairement leur place que dans des livres ou des périodiques spécialisés.

R. FURON.

Michel CAZIN. — Les Mines. — Collection « Que sais-je ? », Presses Universitaires de France, Paris, 1951, 126 pages, 44 figures.

Dans ce petit volume, M. Michel Cazin a réussi à faire un exposé en fait assez complet des méthodes de prospection et d'exploitation des mines de toutes natures.

Le chapitre premier est consacré à un exposé général de la question précisant la notion même de « Mine » au point de vue technique, administratif et juridique, délimitant les caractères des mines envisagées.

Les trois chapitres suivants sont consacrés à la prospection et à l'exploitation ; le chapitre cinq, consacré aux problèmes généraux, est peut-être

le plus vivant car il traite de l'évacuation des eaux, de l'aération, de la mécanisation et de l'électrification des mines ; il décrit les mesures générales de sécurité et les méthodes de protection des ouvriers.

Un exposé clair, simple et suggestif d'une industrie extrêmement complexe, tel est l'ouvrage de M. Cazin.

M. PARODI.

Evariste GALOIS. — Œuvres mathématiques suivies d'une notice de G. Verriest. — Un in-8° broché 16 × 25 de 60 + 56 pages. Gauthier-Villars, Paris, 1951. Prix : 300 francs.

La première édition de ce livre, faite sous la direction d'Emile Picard, s'était vite épuisée. La Librairie Gauthier-Villars a répondu à un vœu unanime en la reproduisant et en la faisant suivre d'un lumineux commentaire du professeur G. Verriest, qui ne manquera pas de diffuser très largement les principes modernes de la théorie des équations algébriques.

G. BOULIGAND.

Pierre GUAYDIER. — Les grandes découvertes de la Physique moderne. — Editions Corréa, Paris, 1951, 262 pages, 22 figures.

L'ouvrage de M. P. Guaydier est d'une lecture attachante non seulement parce que l'auteur y expose très clairement les grandes découvertes de la Physique moderne, mais encore parce qu'il recherche, sans d'ailleurs y insister trop, les principes philosophiques qui pourraient les relier les uns aux autres.

L'auteur fait ressortir le contraste existant entre le corps de doctrines physiques en honneur vers 1880 et les théories corpusculaires qui se sont développées depuis, en prenant comme point de départ les études de Lorentz, de Perrin, de Millikan et les recherches de Planck sur les électrons et les quanta. Il aborde ensuite les régions encore assez mystérieuses de la Physique nucléaire et il essaie de concilier les théories géométriques et mécaniques d'Einstein avec les théories quantiques de Bohr, de Sommerfeld, d'Heisenberg. Il termine en exposant les grandes lignes des travaux de M. L. de Broglie,

M. PARODI.

LÉPINE (P.). — Dictionnaire français - anglais, anglais - français des termes médicaux et biologiques. — Un vol. relié 15 × 23) de 830 p. Editions Médicales Flammarion, 22, rue de Vaugirard, Paris (6e), 1952.

Le besoin de dictionnaires spécialisés se fait de plus en plus aigu. Il faut se défier des termes techniques qui se présentent en anglais et en français sous la même forme ; beaucoup ont un sens analogue, mais certains sont différents et ne figurent pas dans les dictionnaires courants parce que néologisme ou expressions détournées de leur sens habituel.

Diverses tentatives ont déjà été réalisées ; l'avantage du présent dictionnaire réside dans le fait qu'il n'est pas limité aux termes médicaux, mais déborde largement sur la biologie, la chimie et la physique. Il comprend les mots et expressions usuelles ainsi que les néologismes et les termes savants les plus justifiés ; ces derniers sont accompagnés d'une définition ou d'une courte explication.

Sur quelques feuillets roses sont réunies les données numériques et les tables pour la conversion des mesures anglaises en mesures métriques internationales ; ces renseignements particulièrement précieux concernent les températures (température centigrade, Fahrenheit, Réaumur), les mesures de longueur, de surface, de volume, de poids, les tailles des cathéters et sondes urétrales françaises et américaines. Un tableau donne le nombre atomique, le symbole, la masse atomique, les neutrons et protons des corps simples.

D'un format pratique, ce dictionnaire rendra de précieux services ; il faut savoir gré à P. Lépine et à ses collaborateurs d'avoir réalisé cette tâche de longue haleine. P. Lépine demande qu'on lui signale les omissions inévitables dans tout lexique spécialisé ; les usagers du dictionnaire se doivent de lui rendre ce service, afin qu'une édition ultérieure soit plus complète.

A. TÉTRY.

Docteur André NEGRE. — L'Homme et la Bombe. — Un vol. in-16, 200 pages, illustré de 45 photographies et figures. Hachette, édit., Paris, 1951.

Qui de nos jours ne parle pas de la « bombe » avec une sorte de terreur mêlée de curiosité ? et pourtant, si l'on excepte un petit nombre d'initiés, il est peu de gens qui savent vraiment bien de quoi il s'agit. Le livre du Dr Nègre arrive à son heure. Après un bref rappel des notions indispensables sur la structure de la matière, l'auteur nous présente la bombe atomique, expose ses prodigieux effets biologiques, leurs causes, leurs mécanismes, leurs répercussions lointaines, l'organisation rationnelle de la défense antiatomique. En face de ces perspectives alarmantes, l'auteur nous montre ensuite le parti que l'homme peut tirer de ses découvertes dans l'utilisation médicale et biologique de l'énergie atomique. Voici un ouvrage clair, compréhensible, très documenté dont le succès est certain.

R. CAVIER.

Michel SERRAN. — Les Hormones. — 1 vol., 177 p., Hachette édit. (Bibliothèque des merveilles), Paris, 1952. Prix : 450 francs.

Présenter au grand public, dans un petit livre de lecture facile et agréable, sous une forme concise où cependant rien d'essentiel ne manque, exposer avec clarté et simplicité les idées les plus neuves d'un chapitre si mouvant de la Biologie, tel est le prodige réalisé par M. Serran. Prenant des exemples concrets tirés de la pathologie humaine ou vétérinaire, s'aidant d'ingénieux schémas et tableaux, l'auteur expose le fonctionnement et le rôle des diverses glandes endocrines, les corrélations hormonales, la théorie de Selye ou syndrome général d'adaptation. Nous devons regretter toutefois que les formules des hormones stéroïdes ne soient pas correctes, ce qui est facilement réparable et n'enlève rien à la valeur de l'ouvrage.

R. CAVIER.

Jean TERRIEN. — La Spectroscopie. — 1 vol., 128 p. Collection « Que sais-je ? ». — Presses Universitaires de France, Paris 1952.

Dans ce petit ouvrage, J. Terrien donne une vue d'ensemble très simplifiée sur les principes, les techniques et les applications de la spectroscopie. Après un bref exposé sur la théorie de l'atome de Bohr, la classification des termes spectraux et les caractères fondamentaux des spectres d'émission, l'auteur décrit les principales techniques de production, d'observation et de mesure de spectres optiques. Il donne ensuite de brèves indications sur les méthodes utilisées en analyse spectro-chimiques et sur quelques applications de la spectroscopie dans diverses branches de la physique.

G. PETIAU.

H. A. THOMAS. — Theory and desing of valve oscillators, préface de M. E. V. Appleton F. R. S., 2e édition, Chapman and Hall, Londres, 1951. 36 sh.

Depuis 1939, époque de la publication de la première édition du présent ouvrage, la technique des oscillateurs a accompli des progrès considérables, aussi M. H. A. Thomas a-t-il justement pensé que des compléments s'imposaient à son travail initial. Certaines parties de la rédaction ancienne ont été modifiées pour tenir compte des progrès de la technique, et des chapitres entièrement nouveaux ont été introduits qui traitent des oscillateurs à très haute fréquence, des lampes à ondulation de vitesse et du magnétron.

Ainsi remanié, le livre le M. H. A. Thomas continuera à occuper une place importante dans la littérature radioélectrique.

M. PARODI.

TISCHLER (Dr Georg). — Allgemeine Pflanzenkaryologie. — 2e Hälfte : **Kernteilung und Kernverschmelzung** (Naturwissenschaftlicher Verlag, Vormals Gebrüder Bornträger, Berlin-Nikolassee). — Zweite Lieferung : 48 Mark ; dritte Lieferung : 32 Mark.

Ces deux fascicules terminent la deuxième édition de l'important traité de caryologie végétale de Tischler, paru pour la première fois il y a une trentaine d'années. Dans cette nouvelle édition, l'ouvrage a été divisé en deux parties : étude des phénomènes de division et de fusion nucléaires, d'autre part. Comme l'indique l'auteur dans la préface de la deuxième partie, cette édition est un « enfant de la guerre » ; prête à être publiée en 1939, elle n'a commencé à paraître qu'en 1942, et c'est seulement en 1951 que la publication a pu être terminée, avec les deux fascicules analysés ici.

Ces fascicules comprennent les chapitres suivants : Généralités sur la méiose. — Description de la méiosè chez les Cormophytes puis chez les Thallophytes. Irrégularité de la méiose (influence de facteurs externes tels que narcotiques, colchicine, température, rayons X, etc., et de facteurs internes). — Mécanique de la division nucléaire. — Fusion nucléaire, sexuelle ou somatique.

Tous ces chapitres sont beaucoup plus développés que dans la première édition : l'étude de la méiose, par exemple, occupe 153 pages au lieu de 68, celle des phénomènes de fusion nucléaire, 84 pages au lieu de 59, etc. Le nombre de figures a été considérablement augmenté ; pour l'ensemble des chapitres indiqués ici, il passe de 124 à 237. L'index bibliographique, qui comportait 1862 références dans la 1re édition, en comprend maintenant 8767 dont 6748 pour la deuxième partie seulement. L'auteur a donc cherché à publier un traité aussi complet que possible, ne négligeant même pas les théories considérées comme périmées, car, dit-il très judicieusement, elles peuvent redevenir utiles dans l'avenir. Enfin, en un appendice, sont analysées les publications parues jusqu'en novembre 1943.

L'intérêt considérable de ce traité, instrument de travail indispensable à tout cytologiste, ne nous fait que plus vivement regretter le retard apporté à sa publication, par suite des circonstances, et nous attendons impatiemment une mise à jour que l'auteur espère pouvoir faire paraître prochainement.

G. DEYSSON.

TROMBE (Félix). — Traité de Spéléologie (Préface de Louis Fage). — 1 vol. in-8°, 376 pages, 120 figures. Paris, 1952, Payot, éditeur (Prix : 1.200 francs).

Les premiers spéléologues furent les hommes de la Préhistoire, en concurrence sévère avec les ours des cavernes. Ensuite, pendant de longs millénaires on s'est peu intéressé aux grottes, et ce n'est guère qu'au 18e siècle qu'on voit naître la spéléologie.

Les géologues et hydrologues, les géographes, les biologistes et les préhistoriens ont trouvé dans les cavernes un fructueux terrain de prospection. Tout le monde connaît les travaux de E. A. Martel, explorateur des grands souterrains, horizontaux ou verticaux, du Portugal à la Norvège et du Caucase aux Montagnes Rocheuses. Entre 1930 et 1950, les équipes sportives et scientifiques se multiplient. L'étude du domaine souterrain est donc un domaine scientifique important.

Comme le dit M. L. Fage dans la Préface : « Il fallait aussi un ouvrage traitant de tous les aspects de la spéléologie, où seraient exposés à la fois

la contribution de chaque science à l'œuvre commune, les multiples problèmes qui se posent à son propos et les données qui permettent d'approcher de leurs solutions. Tel est exactement le Traité de Spéléologie de M. Félix Trombe ».

La deuxième partie est consacrée à l'étude des roches calcaires, à la formation et à l'évolution des réseaux souterrains, aux climats souterrains. Dans la troisième partie du volume, le lecteur fait connaissance avec le matériel d'exploration, la vie de l'homme sous terre, les phénomènes chimiques et physiques, les recherches hydrologiques, biologiques et préhistoriques. Les derniers chapitres sont réservés à un aperçu sur les grandes exploitations, récentes et sur l'état actuel de la spéléologie.

C'est un livre vraiment nouveau, bourré de documents précieux, montrant bien tout l'intérêt scientifique de la spéléologie moderne. Nul n'était mieux qualifié pour écrire ce livre que l'auteur lui-même, physico- chimiste distingué, aussi connu pour ses recherches sur l'utilisation de l'énergie solaire que par ses travaux sur le milieu souterrain, le tout agrémenté de prouesses sportives qui lui ont valu la présidence de la Commission de Spéléologie du Club alpin français.

R. FURON.

VIAUD (Gaston). — Les Tropismes. — Collection « Que sais-je ? », n° 482. Presses Universitaires de France, 1951. 128 p., 41 fig.

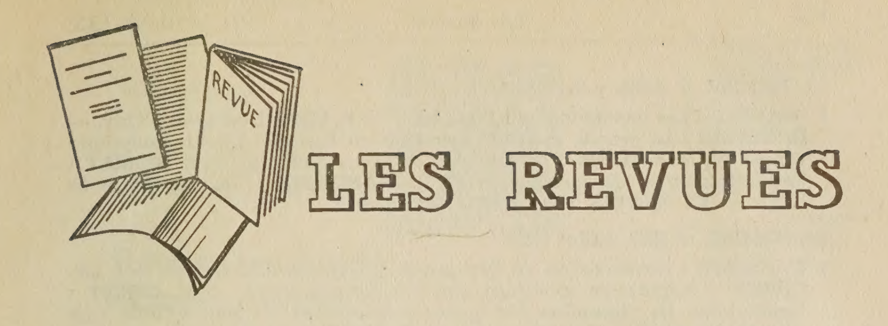
L'auteur, spécialiste de la « question des tropismes » en fait ressortir le puissant intérêt : « Le domaine des tropismes et des réactions voisines est à la frontière indécise qui sépare la biologie et la psychologie. » Dès l'introduction, les cinèses (mouvements non dirigés) sont distingués des tropismes. Les biologistes, et surtout les botanistes, séparent les tropismes (plantes et animaux **fixés**) des tactismes (ou taxies = locomotion véritable des plantes mobiles et de la majorité des animaux). Un court historique permet de préciser la « position des problèmes » ; puis quelques principes généraux sont exposés : cinétique des réactions (des botanistes) = psychologie des comportements ; réactions adaptatives, preferendum. Dans les différents chapitres, les réactions des végétaux sont examinées comme celles des animaux ; ces chapitres traitent de : phototropisme, géotropisme, galvanotropisme, thermotropisme, hydrotropisme, les chimiotropismes, les tropismes « mécaniques ». Chacun de ces chapitres se termine par des conclusions qui font vraiment le point de nos connaissances et où l'auteur indique la part des hypothèses, les lacunes, ...mais quelques-unes de ces conclusions sont affirmatives, par exemple : « Le phototropisme positif n'est jamais une réaction adaptive. — (Il existe) un parallélisme étroit (entre) phototropisme polyphasique et galvanatropisme biphasique, et dans certains cas polyphasique. — Le thermotropisme n'est en aucune manière un tropisme, c'est une « pathie ». Chaque partie des conclusions générales constitue un exposé concis : « Tropismes et Pathies, Tropismes végétaux et Tropismes animaux, Tropismes et adaptation, Tropismes et réflexes, Tropismes et réactions perceptives ». Ouvrage riche en enseignements clairement exposés.

Paul JOVET.

Centre belge de recherches mathématiques. — Colloque international de Géométrie différentielle, tenu à Louvain (avril 1951). — Un vol. in-8° de 240 pages 16 × 25, Masson, Paris, 1951. Prix : 2.450 francs.

Sans que la chose soit exclusive, ce colloque porte principalement sur les parties de la géométrie différentielle qui ont bénéficié de l'œuvre d'Elie Cartan. On y trouvera de substantiels exposés de MM. Bompiani, Favard, Terracini, Schouten, Haantjes, Lichnérowicz, Hlavaty, Kuiper, Simonart, Van Bouchot, Backès, Godeaux, Rozet et Debever. Ce volume éclaire de nombreuses questions à l'ordre du jour. Il aura le même succès que les deux précédents, consacrés l'un à la Topologie, l'autre à la Géométrie algébrique.

G. BOULIGAND.



REVUES GÉNÉRALES EN LANGUE FRANÇAISE

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, tome 66, juin 1952.

V. THEBAULT : Sur la géométrie du triangle et du tétraèdre. — **P. DELERUE :** Sur une généralisation à **n** variables des polynômes d'Abel-Laguerre. — **L. POLI :** Intégrales et calcul symbolique. — **R. H. GERMAY :** Extension d'un théorème de Poincaré aux systèmes d'équations recurro-différentielles de forme normale dépendant d'un paramètre variable. — **S. KRISHNA :** Congruences formed by the tangents to a surface. — **V. THEBAULT :** A propos du tranchet d'Archimède. — **R. H. GERMAY :** Un exemple simple de produit indéfini de facteurs primaires dont les zéros sont les racines d'équations recurrentes. — **J. P. JAISWAL :** A Note on Meijer transform. — **F. BUCKENS :** Sur une propriété de similitude des configurations moyennes de mobiles indéformables. — **C. DEMARS :** Au sujet du coefficient de glissement introduit dans l'étude de l'usure par des profils actifs des dents des engrenages cylindriques à dents droites.

ARCHIVES DES SCIENCES (Genève), vol. 4, fasc. 6.

M. de SAUSSURE : Recherches de photométrie astronomique faites à la Station de Pierre-à-Bot, en 1949 et 1950. — **A. REY :** Illusion d'arrière-plan par contraste entre figures opaques et figures colorées transparentes sur verre.

ARCHIVES DES SCIENCES (Genève), vol. 5, fasc. 1.

R. SOUDAN : Indéformabilité d'un corps à potentiel polyharmonique constant.

ATOMES, n° 76, juillet 1952.

Médecin-Général P. BERGERET : La vie dans un milieu sans pesanteur. — **G. GENIN :** Les accumulateurs électriques. — **A. BOUDAREL :** L'art de la Taxidermie. — **Aubrey W. NAYLOR :** Floraison dirigée. — **R. MICHARD :** Champs magnétiques stellaires.

ATOMES, n° 77, août 1952.

Dr BUGARD : Les limites de la résistance humaine devant l'altitude et les profondeurs. — **L. VADOT :** A propos des marées. — **F. E. PFISTER :** Le chronométrage scientifique aux Jeux Olympiques. — **C. J. XARDEN :** L'intelligence des animaux — Du plateau volant à la métallurgie dans l'espace.

ENDEAVOUR, volume XI, n° 42.

L'œuvre scientifique de Léonard de Vinci. — **W. J. ARROL :** Production des substances radioactives dans les piles et leurs utilisations. — **A. LWOFF :** Les bactéries lysogènes, 1. — **J. HANCOCK :** Jumeaux vrais et hérédité des couleurs chez le bétail. — **E. BOYLAND :** Effets des radiations et des drogues radiomimétiques. — **L. R. G. TRELOAR :** Le caoutchouc naturel. — **C. W. WARDIAW :** Etude de la croissance et de la forme des végétaux.

LA NATURE, n° 3.206, juin 1952.

P. WAGRET : Les inondations du Sud-Ouest. — **F. LOT** : L'aéroport d'Orly. — **H. GUERIN** : La grande industrie chimique en France : L'Acide sulfurique (suite). — **Jean VERNE** : La culture des tissus animaux. — **R. M. MAY** : Jardins alpins et de rocailles. — **V. ROMANOVSKY** : Les vagues et la houle. — **Ch. BROYER** : Larchant et son marais.

LA NATURE, n° 3207, juillet 1952.

J. C. PECKER : L'observation de l'éclipse du 25 février à Khartoum. — **J. LACHNITT** : Propulseurs modernes d'avions long-courriers. — **Y. CHRIST** : Restauration ou réparation des monuments anciens. — **Jean VERNE** : La culture des tissus animaux (suite). — **P. JOVET** : Des Orchidées australiennes croissent et fleurissent dans le sol. — **L. PERRUCHE** : La pathologie chimique. — **P. FOURNIER** : L'amide nicotinique, vitamine antipellagreuse. — **L. CHOPARD** : Un insecte énigmatique : le Grylloblatta. — **P. DEVAUX** : Les bois améliorés.

LA NATURE, n° 3208, août 1952.

P. SERGESCU : L'œuvre scientifique et technique de Léonard de Vinci. — **Y. LE GRAND** : Les défauts de l'œil et leur correction. — **G. FOURNIER** : Le système de Jupiter après la découverte du 12e satellite. — **R. LEGENDRE** : Canots de sauvetage modernes — Nouveaux cratères de météorites. — **P. FOURNIER** : Grain de blé et farine. — **P. DEVAUX** : Nouveaux enregistreurs chronométriques pour le sport. — **J. LACHNITT** : Propulseurs modernes d'avions long-courriers.

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 20 juillet 1952.

A. PULLMAN : Aperçu sur les méthodes quantiques d'études de la structure des molécules organiques. — **A BIOT** : Le contraste de phase. — **L. HENRY** : Aspects divers de la fécondité des populations humaines. — **A. LADRIERE** : Aperçu de balistiques « judiciaire ».

SCIENCES ET AVENIR, n° 65, juillet 1952.

F. COPPENS : Le mystère des 4.000 menhirs de Carnac. — **R. MAUREL** : Le sauvetage des Prématurés. — **P. de LATIL** : Les coquillages, alliance de la fleur et du cristal. — **G. LEFEBVRE** : Léonard de Vinci, précurseur génial de l'ère industrielle. — **A. DUCROCQ** : Les transports de courant. — **A. DELAUNAY** : Pourquoi fait-il chaud en été ?. — **R. P. PINCHON** : Perdue au milieu de la mer Caraïbe, l'Ile Avès abrite 100.000 oiseaux.

SCIENCE ET AVENIR, N° 67, septembre 1952. — Naissance et mort des îles fantômes. — Une interview du Prince Louis de Broglie. — L'insémination artificielle des abeilles. — La prospection minière aérienne. — Le fusil photographique saisit les oiseaux au vol. — Trois semaines de sommeil naturel continu guérissent les hypernerveux. — Un phare coupé en deux : celui de la Tour Eiffel. — Le plus étrange rite funéraire du monde chez les Indiens Motilons.

REVUES GÉNÉRALES EN LANGUES ÉTRANGÈRES

EXPERIENTIA, vol. VIII, fasc. 6 et 7, juin et juillet 1952.

S. DIJKGRAAF : Bau un Funktionen der Seitenorgane und des Ohrlabyrinths bei Fischen. — **M. WALDMEIER** : Die Sonnenfinsternis-Expedition 1952 der Schweizerischen Naturforschenden Gesselchaft. — **Chr. P. RAVEN** : Lithium as a Tool in the Analysis of Morphogenesis in **Limnacea stagnalis.**

Imprimerie Jacques et Demontrond, Besançon. — 1087 - 9-52.
Dépôt légal 3e trimestre 1952 : n° 5326. Le Gérant : R. CONSTANS.